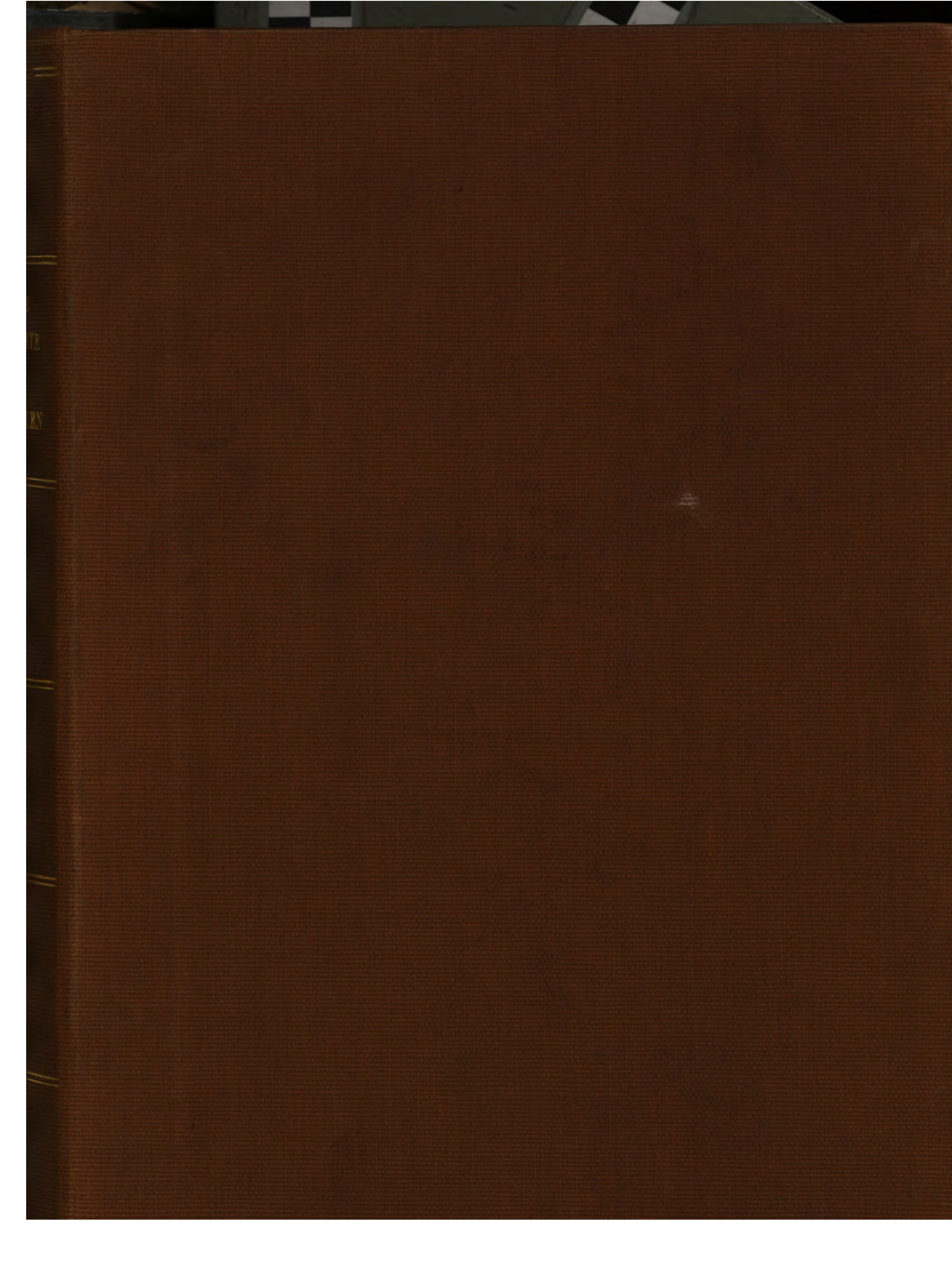








Fortschritte

auf dem Gebiete der

Röntgenstrahlen

Unter Mitwirkung von

Prof. Dr. v. **Bergmann** in Altona, Dr. **Christen** in München, Prof. Dr. **Deneke** in Hamburg, Prof. Dr. **Deycke** in Lübeck, Prof. Dr. **Eberlein** in Berlin, Dr. **G. Forssell** in Stockholm, Prof. Dr. **Forster** in Bern, Prof. Dr. **Eugen Fraenkel** in Hamburg, Prof. Dr. **L. Freund** in Wien, Prof. Dr. **Gocht** in Berlin, Prof. Dr. **Grashey** in München, Dr. **Groedel** in Frankfurt a. M., Prof. Dr. **Grunmach** in Berlin, Oberarzt Dr. **Haenisch** in Hamburg, Prof. Dr. **Holzknecht** in Wien, San.-Rat Dr. **Immelmann** in Berlin, Prof. Dr. **Kienböck** in Wien, Prof. Dr. **Klieneberger** in Zittau, Prof. Dr. **A. Köhler** in Wiesbaden, Prof. Dr. **Kölliker** in Leipzig, Geh. Med.-Rat Prof. Dr. **P. Krause** in Bonn, Geh. San.-Rat Prof. Dr. **Kümmell** in Hamburg, Prof. Dr. **Küttner** in Breslau, Stabsarzt a. D. **Lambertz** in Berlin, Prof. Dr. **Levy-Dorn** in Berlin, Prof. Dr. **J. E. Lilienfeld** in Leipzig, Dr. **Lorey** in Hamburg, Prof. Dr. **Ludloff** in Breslau, Geh. Med.-Rat Prof. Dr. **Oberst** in Halle, **G. E. Pfahler**, M. D. in Philadelphia, Prof. Dr. **H. Rieder** in München, Prof. Dr. **Rumpf** in Bonn, Generalstabsarzt Prof. Dr. **v. Schjerning** in Berlin, Dr. **H. E. Schmidt** in Berlin, Prof. Dr. **F. Schultze** in Bonn, Hofrat Prof. Dr. **Sick** in Hamburg, Obergeneralarzt Dr. **Stechow** in Berlin, Geh. Med.-Rat Prof. Dr. **Tillmanns** in Leipzig, Prof. Dr. **Voller** in Hamburg, Prof. Dr. **Walter** in Hamburg, Prof. Dr. **Wertheim-Salomonson** in Amsterdam und Stabsarzt Dr. **Winkler** in Ingolstadt

herausgegeben von

Professor Dr. Albers-Schönberg

Vierundzwanzigster Band

Hamburg

Lucas Gräfe & Sillem

(Edmund Sillem)

1916—1917

Inhalt.

Namenregister.

(Die Ziffern verweisen auf die Seiten; ein * bedeutet Originalartikel.)

Sachregister.

Bei Benutzung des Sachregisters sind in den meisten Fällen sämtliche Abteilungen nachzusehen.

(Die Ziffern verweisen auf die Seiten.)

Therapie und pathologische Anatomie. Intensität und Dosierung. Physiologische Wirkungen.

Technik der Anwendungsweisen der Röntgenstrahlen. Physikalisches. Instrumentarium und Fabrikation.

Diagnostik und Kasuistik.

Vereine und Kongresse.

Bücherbesprechungen. Soziales.

Band XXIV Ausgegeben am 18. Mai **Heft 1**

Fortschritte

auf dem Gebiete der

Röntgenstrahlen

Unter Mitwirkung von

Prof. Dr. v. **Bergmann** in Altona, Staatsrat Prof. Dr. v. **Bruns** in Tübingen, Dr. **Christen** in München, Geh. Med.-Rat Prof. Dr. **Czerny** in Heidelberg, Prof. Dr. **Deneke** in Hamburg, Prof. Dr. **Deycke** in Lübeck, Prof. Dr. **Eberlein** in Berlin, Dr. **G. Forssell** in Stockholm, Prof. Dr. **Forster** in Bern, Prof. Dr. **Eugen Fraenkel** in Hamburg, Prof. Dr. **L. Freund** in Wien, Geh. Med.-Rat Prof. Dr. **Friedrich** in Marburg, Prof. Dr. **Gocht** in Berlin, Prof. Dr. **Grashey** in München, Dr. **Groedel** in Frankfurt a. M., Prof. Dr. **Grunmach** in Berlin, Oberarzt Dr. **Haenisch** in Hamburg, Prof. Dr. **Holzknecht** in Wien, Dr. **Immelmann** in Berlin, Prof. Dr. **Kienböck** in Wien, Prof. Dr. **Klieneberger** in Zittau, Prof. Dr. **A. Köhler** in Wiesbaden, Prof. Dr. **Kölliker** in Leipzig, Prof. Dr. **P. Krause** in Bonn, Geh. San.-Rat Prof. Dr. **Kümmell** in Hamburg, Prof. Dr. **Küttner** in Breslau, Stabsarzt a. D. **Lambertz** in Berlin, Prof. Dr. **Levy-Dorn** in Berlin, Dr. **Lorey** in Hamburg, Prof. Dr. **Ludloff** in Breslau, Geh. Med.-Rat Prof. Dr. **Oberst** in Halle, **G. E. Pfahler**, M. D. in Philadelphia, Geh. Med.-Rat Prof. Dr. **Riedel** in Jena, Prof. Dr. **H. Rieder** in München, Prof. Dr. **Rumpf** in Bonn, Generalstabsarzt Prof. Dr. **v. Schjerning** in Berlin, Dr. **H. E. Schmidt** in Berlin, Prof. Dr. **F. Schultze** in Bonn, Hofrat Prof. Dr. **Sick** in Hamburg, Generalarzt Dr. **Stechow** in Berlin, Geh. Med.-Rat Prof. Dr. **Tillmanns** in Leipzig, Prof. Dr. **Voller** in Hamburg, Prof. Dr. **Walter** in Hamburg, Prof. Dr. **Wertheim-Salomonson** in Amsterdam und Stabsarzt Dr. **Winkler** in Ingolstadt

herausgegeben von

Professor Dr. Albers-Schönberg

Hamburg
Lucas Gräfe & Sillem
(Edmund Sillem)
1916

Die Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen erscheinen bei Lucas Gräfe & Sillem in Hamburg, Kaiser-Wilhelm-Strasse 82 I, in Bänden von je 6 Heften. Abonnementspreis 30 Mark pro Band.

Inhalt.

Sachregister.

Literatur-Register der Fortschritte 1897—1907 in Band XI. (Sep.-Abdruck Preis M. 1.—.)

Namenregister (ein * bedeutet Originalartikel).

(Fortsetzung auf Seite 3 des Umschlages.)

Aus der Medizinischen Universitätsklinik Straßburg i. E. (Direktor: Prof. Dr. Erich Meyer).

Über die röntgendiagnostische Bedeutung normaler und abnormer Gasansammlung im Abdomen.

Von

Dr. **Alfred Weil**, Leiter der Röntgenabteilung der Klinik.

(Hierzu 22 Bilder auf Tafel I—III.)

Die Deutlichkeit, mit der sich ein Organ durch die Röntgenmethode darstellen läßt, hängt ab von dem Verhältnis seiner spezifischen Dichte zu der seiner Umgebung, mit anderen Worten, von der Stärke des Kontrastes, mit dem es sich von seiner Umgebung abhebt. Wo von Natur aus stark kontrastierende Organe aneinander grenzen, bieten sich der Darstellung im Röntgenbilde günstige Verhältnisse. So z. B. im Thorax, wo das Herz und die großen Gefäße als kompakte Organe kontrastreich in die lufthaltigen Lungen eingebettet sind. So in den Lungen selber, wo sich alle mit Verminderung des Luftgehaltes einhergehende Prozesse deutlich von dem umgebenden noch lufthaltigen Gewebe abheben. Anders, d. h. ungünstig sind die Vorbedingungen für röntgenologische Untersuchungen im Abdomen. Hier sind Leber, Milz, Nieren, überhaupt alle Baucheingeweide und die chylushaltigen Därme von ungefähr gleicher Dichte und lassen sich daher ohne weiteres im Röntgenbilde nicht unterscheiden. Erst durch die Einführung sogenannter Kontrastmittel ist es gelungen, die röntgenologische Untersuchung der Bauchorgane zu praktischer Verwertbarkeit auszugestalten. Hierher gehört die Verabreichung von wismut- oder bariumhaltigen Speisen, um Magen- und Darmtraktus sichtbar zu machen, ebenso die Wismuteinläufe in den Darm. Ferner die Einführung von Sauerstoff oder Collargol in Ureter, Nierenbecken und Blase, um die Untersuchung dieser Organe mit der Röntgenmethode auf breitere Grundlage zu stellen.

In letzter Zeit ist man auch dazu übergegangen, durch Aufblasen des Kolons vom Rektum aus oder durch Einführen von Sauerstoff in die freie Bauchhöhle Bedingungen zu schaffen, die eine Beurteilung der Bauchorgane auf röntgenologischem Wege gestatten [Weber (1), Löffler (2), Meyer-Betz (3), Rautenberg (4)]. Den Anstoß zu diesem letztgenannten Verfahren mag die Beobachtung gegeben haben, daß in manchem Falle, wo sich natürlicherweise Gasansammlung in den Darmschlingen findet, die Untersuchung einzelner Teile des Abdomens mit gewünschter Deutlichkeit möglich ist. Dieser Fall tritt ein, wenn die normalerweise in geringer Menge vorhandenen Darmgase vermehrt sind oder sich in vermehrtem Maße an zirkumskripter Stelle des Darmes ansammeln. Wenn man regelmäßig darauf achtet, wird man finden, daß die Zahl der Fälle, in denen ein mehr oder weniger starker Meteorismus — röntgenologisch gesprochen — Licht in das Dunkel des Abdomens wirft, gar nicht klein ist und ich glaube, daß die Betrachtung einer größeren Zahl derartiger Fälle geeignet ist, diagnostisch wertvolle Punkte zutage zu fördern. Die nächstliegende Frage wäre die, ob die Diagnose des Meteorismus selbst aus der Röntgenmethode Vorteil zieht und ob der Nachweis von Gasansammlung an abnormer Stelle diagnostisch verwertbar ist. Weiter wäre zu erörtern, ob unsere Kenntnis über Lage, Form und Funktion einzelner Bauchorgane durch derartige auf natürlichem Wege kontrastreich gewordener Bilder des Abdomens gefördert wird. Hierbei wäre nicht nur die Beurteilung der gashaltigen Darmteile selber zu berücksichtigen, sondern vor allem auch die der angrenzenden

Organe, deren Umrisse, wie aus den eingangs gemachten Bemerkungen ja hervorgeht, durch Kontrastwirkung an Deutlichkeit gewinnen.

Die natürliche Blähung der Därme hat dabei, abgesehen davon, daß sie von dem Untersuchten nicht als unangenehmer Eingriff empfunden wird, gegenüber der künstlichen, speziell für den Zweck einer Röntgenuntersuchung vorgenommenen, den Vorteil, daß sie in einzelnen Fällen zu einer so hochgradigen Ausdehnung der Darmschlingen führt, wie wir sie absichtlich zum Zwecke einer Untersuchung niemals vorzunehmen wagen dürften. Gerade solche Fälle aber beleuchten in außerordentlich deutlicher Weise Erscheinungen, die durch übermäßige Ausdehnung eines Organes infolge Druck auf seine Umgebung und Verdrängung benachbarter Organe zustande kommen. Die daraus gewonnenen Erfahrungen liefern uns für die Beurteilung gewisser Krankheitsbilder und zur Vermeidung von Fehldiagnosen wichtige Anhaltspunkte.

Über die Frage der Röntgendiagnose des Meteorismus enthalten die eingangs gemachten Bemerkungen über Kontrastreichtum des Röntgenbildes bereits den Hinweis, daß die Bedingungen für den Nachweis auch kleiner Gasmengen im Abdomen ideale sind. Im allgemeinen werden wir allerdings zur Erkenntnis dessen, was wir klinisch unter Meteorismus verstehen, der Röntgenmethode nicht bedürfen, da Inspektion und Perkussion uns hierbei genügend Aufklärung verschaffen. Fassen wir den Begriff aber weiter und ist es uns um den Nachweis auch kleiner, nur durch die Stelle ihres Vorkommens pathologischer Gasmengen zu tun, so wird sich die Röntgenmethode bereits überlegen zeigen. Handelt es sich gar um die Feststellung des Darmabschnittes, in dem anormale Gasansammlung vorhanden ist, oder um die Entscheidung, ob vorhandenes Gas sich innerhalb der Darmschlingen oder in der freien Bauchhöhle befindet, so führt die Röntgenmethode allein sicher zum Ziel.

Nachdem soeben erwähnt wurde, daß unter Umständen der Nachweis von Gas allein dadurch wichtig werden kann, daß er sich an abnormaler Stelle findet, ist weiteren Erörterungen die Angabe darüber vorauszuschicken, wo normalerweise nach aus dem Röntgenbilde gewonnener Kenntnis Gas im Intestinaltraktus vorkommt. In Übereinstimmung mit dem physiologischen Vorgang der Darmfäulnis sehen wir das Vorkommen der eigentlichen Darmgase auf den Dickdarm beschränkt. Als röntgenologisch ihnen gleichwertig ist aber die Magenblase zu erwähnen, bei der es sich um verschluckte Luft handelt. Sie fehlt so gut wie nie. Im Dünndarm sehen wir normalerweise weder verschluckte Luft noch eigentliches Darmgas. Im Dickdarm bilden die beiden Flexuren für die Ansammlung von Gasen Prädilektionsstellen. Bis zu welchem Grade im Magen, den beiden Flexuren oder an anderer Stelle des Dickdarmes Gasansammlung als normal zu bezeichnen ist, dürfte in weiten Grenzen Schwankungen unterliegen, vor allem auch von der Art der Ernährung abhängen. So kann es kein Zufall sein, daß sich gerade im letzten Jahre, dem Jahre des reichlicher gasbildenden Kriegsbrotes, die kontrastreichen Abdomenbilder in der Sammlung der Klinik in bemerkenswerter Weise gehäuft haben.

Folgen wir bei der Besprechung von Einzelheiten dem Verlaufe des Verdauungskanals, so ist zunächst von der im Magen befindlichen Luft zu erwähnen, daß sie unter der medialen Hälfte der linken Zwerchfellkuppe als ovale pflaumen- bis eigroße Blase zu finden ist. Ihre Größe wechselt mit dem Füllungsgrade des Magens; bei Nahrungsaufnahme wächst sie infolge der mitverschluckten Luft und nimmt dann mehr kugelige Gestalt an. Auch im nüchternen Magen ist sie fast ausnahmslos vorhanden. Höchstwahrscheinlich kommt ihr eine physiologische Bedeutung zu, die darin zu suchen wäre, die für den Übertritt des Mageninhaltes in den Darm wichtigen Druckverhältnisse im Mageninnern zu regulieren. In diesem Zusammenhange möchte ich anführen, daß ich in zwei Fällen von Rumination eine ganz bedeutende Vergrößerung der Magenblase beobachtet habe. Es scheint mir nicht unwahrscheinlich, daß die Ruminanten von der hierdurch bedingten Drucksteigerung, besonders bei Zuhilfenahme der Bauchpresse, beim Ruminationsakt Gebrauch machen. Übermäßiges Verschlucken von Luft — Aërophagie — dürfte in diesen, wie in den weitaus meisten Fällen von abnorm großer Magenblase der Anlaß zu der pathologischen Ausdehnung sein (Tafel I, Fig. 1). Als viel seltenere Ursache für über-

mäßige Magenblase kommt eine Gasbildung im Magen selbst infolge pathologischer Zersetzung seines Inhaltes (Gärung) in Frage. Da es sich hierbei meistens um Stauung des Mageninhaltes durch Pylorusstenose und sekundäre Magenektasie handelt, kann die Ausdehnung der Magenblase ganz enorme Grade erreichen, so daß sie die ganze linke Zwerchfellkuppe unter starker Hochdrängung derselben erfüllt.

Sieht man die Magenblase, wie z. B. in Abbildung 1, sich über dem horizontal eingestellten Flüssigkeitsspiegel des Mageninhaltes wölben, so ist sie ohne weiteres als dem Magen angehörig zu erkennen. Ist der Magen aber leer oder nur wenig gefüllt, so ist es nicht immer leicht, die Magenblase im Röntgenbilde von der Kolonblase (linke Flexur) zu unterscheiden, oder, wenn beide vorhanden sind, sie von dieser zu trennen. Meistens ist die Innenwand der Magenblase ganz glatt, während an der Innenseite des Kolons die Schatten der Tänien und Haustren auch bei starker Ausdehnung noch zu erkennen sind. Die Magenblase läuft gewöhnlich zapfenförmig medianwärts nach unten aus, während Gas im Kolon mehr lateral beckenwärts zu verfolgen ist. Im Zweifelfalle kann ein Schluck Kontrastspeise oder die eingeführte Sonde die Entscheidung bringen. Da beide Blasen in ihrer Beziehung zum Zwerchfellstand von gleicher Bedeutung sind, kann diese Entscheidung, ob Magen oder Kolon der geblähte Teil ist, wichtig werden. Hierüber wird später noch zu berichten sein.

Der Dünndarm ist unter normalen Verhältnissen frei von jeder Gasansammlung, auch solcher kleiner Magen. Die im Magen befindliche Luft entweicht der Hauptsache nach durch den Ösophagus (Ruktus), oder wird, wenn in den Dünndarm übergetreten, infolge der Peristaltik schnell durch ihn hindurch befördert. Nur bei erschwerter Dünndarmpassage kommt es zu Stauungen und Ansammlung erkennbarer Gasmengen. Läßt sich daher eine Gasblase mit Sicherheit in den Dünndarm lokalisieren, so ist hierdurch ein sicherer Anhalt für eine Einengung des Darmlumens gegeben. Die Zugehörigkeit einer Gasblase zu einem bestimmten Teil des Darmes läßt sich natürlich nur bei gleichzeitiger Füllung des Darmes mit Kontrastspeise unter Berücksichtigung der seit Einnahme der Speise verflossenen Zeit erkennen. Da nun die Passageschwierigkeit für gas- und breiförmigen Darminhalt in gleicher Weise besteht, ist das unter diesen Bedingungen zu beobachtende Bild dadurch besonders charakterisiert, daß sich die Gasblase über horizontal eingestelltem Flüssigkeitsspiegel zeigt. Bei dem hierdurch entstehenden, besonders kräftigen Kontrast — helle Gasblase über dunklem, scharf begrenztem horizontalem Flüssigkeitsschatten — brauchen die gestauten Mengen nicht einmal groß zu sein, um ein deutliches Bild zu liefern. So genügt ein an und für sich geringer Befund, dadurch, daß er typisch ist, zur Erkennung einer Einengung des Darmlumens. Die pathologisch-anatomische Ursache zu solchen Verengerungen geben ulzeröse Prozesse der Darmwand, die zu narbiger Striktur, oder peritonitische des Darmüberzuges, die zur Strangulation des Darmlumens führen. In erster Linie ist hier das Ulcus duodeni zu nennen. Mehrfach wurde ich durch einen Befund, wie ihn die Abbildungen 2, 3, 4 u. 5 (Tafel I) zeigen, auf die Diagnose eines Ulcus duodeni hingeleitet oder konnte ein im Magen angenommenes Ulcus in das Duodenum lokalisieren. Dem Röntgenbefund allein ist natürlich nicht ohne weiteres zu entnehmen, ob es sich um eine narbige Striktur oder um Strangulation handelt, da wir im Bilde nur den Effekt, nicht die Ursache erkennen. Oft handelt es sich auch um Kombination beider Faktoren, wenn sich zu dem Ulcus entzündliche Prozesse des peritonealen Darmüberzuges hinzugesellen. Nehmen die letzteren größeren Umfang an, so können anliegende Dünndarmschlingen mit beteiligt werden. So kann man bei Ulcus ventriculi oder duodeni und bei Gallenblasenaffektionen durch perigastritische bzw. pericholezystische Verwachsungen ein- oder mehrfache Strangulation von Dünndarmschlingen beobachten (Abb. 4 u. 5). Findet sich die Bildung eines Flüssigkeitsspiegels unter Gas in weiter abwärts gelegenen Dünndarmschlingen und hier multipel, so kommen als Ursache vor allem tuberkulöse Darmgeschwüre in Frage. Im Röntgenbilde gleich präsentieren sich die Fälle, wo peritonitische Stränge, sei es infolge von Tuberkulose oder von Karzinomatose des Bauchfelles zur Einschnürung des Darmes geführt haben. Den

Typus einer solchen mehrfachen Gasansammlung über flüssigem Darminhalt illustrieren Abb. 6 u. 7. Einen ganz enormen Grad von Gas- und Flüssigkeitsstauung zeigt Abb. 8. Die Blähung der Därme ist hier so hochgradig und so allgemein, daß sich zunächst gar nicht sagen läßt, ob die geblähten Teile Dünn- oder Dickdarmschlingen sind. Die dunklen Schatten, die sich in deutlichem vierfachem horizontalem Niveau zeigen, sind nicht etwa durch Verabfolgung von Kontrastspeise erzeugt, sondern durch Flüssigkeitsansammlung, die spontan im Abdomen stattgefunden hat. Sie imponieren zunächst als Aszites, der durch peritonitische Abkapselung in verschiedenen Kammern zur Ansammlung gekommen sein könnte, doch waren die Spiegel so frei beweglich und zeigten bei Erschütterung der Bauchwand so deutlichen Wellenschlag, daß man zur Annahme kommen mußte, die Flüssigkeit befinde sich direkt unter dem Gas, also im Darm selbst, denn für eine Perforation der Darmwand und Austritt von Gas in die freie Bauchhöhle lag kein genügender Anhalt vor. Klarheit brachte die Operation, bei der ein Karzinom der linken Flexur gefunden wurde mit so hochgradiger Stenose, daß Dünn- und Dickdarm exzessiv stark erweitert waren (vgl. Krankenbericht am Schluß der Arbeit).



Die vorangehende Zusammenstellung von Röntgenbildern des Dünndarms läßt erkennen, daß Gasansammlungen in diesem Darmabschnitt gemeinsam ein so charakteristischer Befund eigentümlich ist, daß er diagnostisch relativ leicht verwertbar ist. Wesentlich schwieriger gestalten sich die Verhältnisse im Dickdarm. Die in diesem Darmabschnitt normalerweise vorhandene Gasmenge schwankt in so weiten Grenzen, daß eine einfache Abschätzung darüber, was noch physiologisch und was pathologisch ist, nicht angeht. Wollte man aus einer durch Gase noch so stark geblähten Kolonschlinge allein auf eine Stenose des Darmes schließen, so wären zahllose Fehlschlüsse die Folge. Als Beispiel zufälliger als Nebenbefund beobachteter Kolonblähungen von ungewöhnlich hohem Grade diene Abb. 9—11 (Tafel II). Die nach einiger Zeit wiederholten Durchleuchtungen in diesen Fällen zeigten das Kolon im wesentlichen wieder kollabiert. Aber auch eine dauernd vorhandene gaserweiterte Schlinge des Kolons darf uns nicht zur Annahme einer Stenose verleiten. Abgesehen davon, daß wir ja im gerade vorliegenden Falle nicht über die Gasbildung orientiert sind, genügen Knickung, Schlingenbildung oder auch muskuläre Trägheit des Dickdarms zum Zustandekommen mächtiger Anstauung seines gasförmigen Inhaltes.

So lassen uns Bilder, wenn sie auch noch so klaren Aufschluß über die Gasfüllung des Dickdarmes geben, für die Beurteilung der in ihm vorhandenen Passageverhältnisse im Stich. Dagegen gewähren sie uns einen bequemen Einblick in die Lageverhältnisse einzelner seiner Teile und lehren uns Erscheinungen verstehen, die im Gefolge des abnorm erweiterten Kolon an Nachbarorganen auftreten.

Es wurde bereits erwähnt, daß es im Verlaufe des Dickdarmes die beiden Flexuren sind, wo die Gase am häufigsten zur Ansammlung kommen. Als Grund hierfür darf neben der mechanischen Wegerschwerung nicht unberücksichtigt bleiben, daß die Flexuren beim Stehen und Sitzen die höchstgelegenen Teile des Dickdarmes sind, also hierhin naturgemäß die spezifisch leichteren Gase steigen. Mit dieser Annahme stimmt überein, daß es von beiden Flexuren die linke ist, die fast ausnahmslos von Gas erfüllt und besonders häufig gedehnt zu beobachten ist, denn sie liegt normalerweise etwas höher als die rechte, und nicht selten ist bei hängendem Colon transversum der Höhenunterschied ein recht beträchtlicher.

Ist die rechte Flexur voller Gas, so hebt sie sich vom dunklen Leberschatten mit aller Deutlichkeit ab. Zeigt sich dazu noch das Colon transversum oder Teile desselben gashaltig, so kommen die Verhältnisse zustande, die eine direkte Betrachtung des unteren Leberrandes ermöglichen (Abb. 12, Tafel II).

Sehr wichtig ist die Kenntnis von Verlagerung der rechten Flexur, auf die besonders Chilaiditi (5) aufmerksam gemacht hat. Es kann vorkommen, daß sich dieser Darmteil zwischen Zwerchfell und Leberkuppe einschiebt. Ist die Schlinge in diesem Fall gashaltig, so kann das hierdurch erzeugte Röntgenbild große Ähnlichkeit mit dem Befund bei Ansammlung freien Gases in der Bauchhöhle haben, worüber später noch zu sprechen sein wird.

Die Gasfüllung der linken Flexur, besonders die übermäßige, ermöglicht uns wichtige und interessante Beobachtungen. Die Blähung der Schlinge kann ganz enorme Ausdehnung erreichen. Die Folgen sind starke Verdrängung der Nachbarorgane; der anliegende Magen wird nach rechts gedrängt. Bei der Beurteilung von Magen-Röntgenbildern verlangt dieser Faktor Berücksichtigung, weil eine Verziehung des Magens nach rechts durch perigastritische Verwachsung, wie sie bei Ulcera des Magens und Duodenums, oder bei Gallenblasenprozessen vorkommen, vorgetäuscht werden kann. Auch können Bilder entstehen ähnlich denjenigen bei Einbeulung des Magens durch Tumoren. Bei genügender Vorsicht sind solche Verwechselungen natürlich zu umgehen. Die Funktion des Magens erleidet durch die Verdrängung gewöhnlich keine nennenswerte Beeinträchtigung.

Dagegen ist funktionell von großer Wichtigkeit die Hochdrängung des linken Zwerchfelles. Durch Behinderung seines inspiratorischen Absteigens ist die Atmung erschwert. Dazu kommt noch die Querlage des Herzens, bedingt durch den Hochstand des Zwerchfelles, eventuell eine Verdrängung des Herzens und der großen Gefäße nach rechts. Diese ungünstige Beeinflussung der Herzfunktion findet im allgemeinen zu wenig Berücksichtigung. Zwar finden sich auch in der Literatur genügend Hinweise auf Herzbeschwerden, die durch abnormen Zwerchfellstand verursacht werden [Rosenfeld (6), Schmaltz (7)], im großen und ganzen aber macht man sich über die Abhängigkeit der Herzlage vom Zwerchfellstand nicht die richtige Vorstellung. Nichts veranschaulicht diese besser wie Röntgenbilder, auf denen der Herzschatten über und neben dem durch eine gedehnte Kolonblase hochgetriebenen Zwerchfell mit aller Deutlichkeit sichtbar ist. Man betrachte Abbildung 13—16 und bekommt sicher unmittelbar den Eindruck, daß das nach oben und rechts gedrängte Herz unter ungünstigen Bedingungen seine Arbeit zu leisten hat. Der Unterschied von einer Verdrängung des Herzens durch Pneumothorax oder Flüssigkeitserguß in der Pleura ist nur der, daß in diesen Fällen die verdrängende Ursache selbst schon als Krankheitsmoment in Erscheinung tritt.

Nun sind die zur Abbildung gebrachten Befunde besonders hochgradig und kommen nicht alltäglich zur Beobachtung, aber überaus groß ist die Zahl der Fälle, wo eine mehr oder weniger starke Hochdrängung des Zwerchfelles zu konstatieren ist. Und man kann ruhig sagen, daß sich bei manchem Patienten, der über Stiche in der linken Brustseite oder Beklemmungen in der Herzgegend klagt, die Ursache seiner Beschwerden vor dem Röntgenschirm zwanglos auf solche mechanische Anomalien zurückführen läßt. Schon bei Besprechung der Magenblase wurde darauf hingewiesen, daß sie für die Hochdrängung des Zwerchfelles von gleicher Bedeutung ist wie ein stark geblähtes Kolon. Kombinieren sich beide, wie in den meisten Fällen, so ist der Effekt natürlich besonders deutlich.

Erreicht der Zwerchfellhochstand über dem mächtig geblähten Kolon resp. Magen Grade, wie in den vier abgebildeten Fällen, so entsteht die Frage, ob nicht das primär Abnorme in der Konfiguration des Zwerchfelles zu suchen ist und ob nicht der Zustand vorliegt, den man als Eventratio diaphragmatica bezeichnet. Diese Anomalie des Zwerchfellstandes galt vor der Röntgenära als außerordentlich selten. Noch 1908 waren nach Arnsperger (8) nur 11 Fälle bekannt, von denen nur drei intra vitam diagnostiziert waren. Allerdings sind seitdem mit Hilfe der Röntgenmethode noch zahlreiche Fälle bei Lebenden festgestellt worden [Krause (9), Kayser (10), hier auch weitere Literatur], aber ich habe nicht den Eindruck, daß ihr Vorkommen für so häufig gehalten wird, wie man es nach unseren Beobachtungen annehmen darf. Allein drei von den vier abgebildeten Fällen wurden innerhalb des letzten halben Jahres entdeckt, einer als Zufallsbefund, die beiden anderen unter Umständen, über die noch zu berichten sein wird. Der vierte Fall lag vor zwei Jahren in der Klinik, wo er sich wegen Magenbeschwerden hatte aufnehmen lassen.

Ätiologisch wird die Mehrzahl der beschriebenen Fälle als angeborene Mißbildung aufgefaßt. In einem kleineren Teil nur wird das Zustandekommen in späterem Lebensalter angenommen. Hierfür wird eine abnorme Dehnbarkeit des Zwerchfelles infolge Entartung seiner

Muskulatur — primär oder bei Erkrankung des zugehörigen Nervus phrenicus — zur Voraussetzung gemacht. Ein derart atonisches Zwerchfell würde dann bei Steigerung des intraabdominellen Druckes in den Brustraum hineingewölbt werden. Die im Rahmen der vorliegenden Betrachtung zu erörternde Frage ist nun die, welche Rolle das geblähte Kolon resp. der geblähte Magen, die ausnahmslos unter dem gedehnten Zwerchfell gefunden werden, spielen. Man kann sich vorstellen, daß die Kolonblähung primär vorhanden wäre. Sie wäre es dann, die als drucksteigerndes Moment wirkte und das Zwerchfell in den Thoraxraum hineinwölbte. Die andere Möglichkeit wäre die, daß der Zwerchfellhochstand primär vorhanden ist. Infolge des fehlenden Gegendruckes durch ein straffes Zwerchfell ist dann dem Kolon Gelegenheit gegeben, sich abnorm auszudehnen. Die Blähung wäre in diesem Falle also sekundär entstanden zu denken. Für die letztere Annahme sprechen Beobachtungen an zwei Fällen, von denen Abb. 17 u. 18 stammen. In beiden Fällen hat sich im Gefolge einer Lungenschußverletzung eine Verwachsung des Zwerchfelles hoch oben seitlich an der Thoraxwand ausgebildet. Beide Male haben sich unter dem hochgezogenen Zwerchfell mächtig geblähte Kolon- resp. Magenblasen angelagert. Im einen Falle (18) entspricht die Blase der linken Flexur, im zweiten (17) setzt sie sich aus Magen und Kolon zusammen, wie durch Kontrastfüllung des Magens und Darmes (dieser durch Einlauf) bewiesen werden konnte. Diese Feststellung war auch wichtig, weil neben Atembeschwerden bei diesem Patienten Beschwerden von seiten des Magens im Vordergrunde standen, und in der Tat ließ sich feststellen, daß der obere stark geblähte Magenabschnitt sanduhrartig vom unteren Magenteil abgeschnürt und daß der Abfluß der Speisen aus dem oberen Teil zeitweise behindert war. Diese Beobachtungen zeigen, daß sich in der Tat an primären Zwerchfellhochstand eine abnorme Dehnung von Magen oder Darm anschließen kann. Die Beziehungen zwischen Zwerchfellstand und Kolonausdehnung sind also wechselseitig und der Endzustand, wie wir ihn als Eventration im Röntgenbilde sehen, gestattet keinen Rückschluß auf ihre Entstehung.

Nicht weniger unangenehm als für den Patienten wegen der damit verbundenen Beschwerden können solch abnorme Zwerchfellbefunde für den untersuchenden Arzt wegen der diagnostischen Irrtümer werden, zu welchen sie Anlaß geben. So berichtet Lorey (11) von seinem Fall V, daß dieser jahrelang als Pleuritis ging und auch punktiert wurde, wobei wahrscheinlich die Milz angestochen wurde. Auch bei zwei von den hier zur Abbildung gebrachten Fällen war vor der Röntgenuntersuchung die Diagnose auf Pleuritis gestellt worden. Bei der Patientin (15) war bereits die Punktion beschlossen und sie wurde der Röntgenabteilung der Klinik von außerhalb nur noch zugeführt, um die Höhe des Exsudates resp. den geeignetsten Ort zum Einstich feststellen zu lassen. Nach der Durchleuchtung wurde begreiflicherweise von dem geplanten Eingriff Abstand genommen. Im zweiten Falle handelte es sich gar um einen Kollegen. Er war außerhalb der Klinik 8 Wochen lang wegen Pleuritis behandelt worden, die längste Zeit davon im Bett. Im Hinblick auf die wahrscheinliche Ätiologie war er verständlicherweise äußerst deprimiert. Da „die handbreite Dämpfung und Zone abgeschwächten Atmens links hinten unten“ immer gleichblieb, wurde endlich eine Röntgendurchleuchtung vorgeschlagen. Deren Resultat war, daß der „Patient“ vom nächsten Tage an frohen Herzens wieder Dienst machte. Von der Tuberkulosefurcht war er befreit; mit dem abnormen Zwerchfellstand sich abzufinden, fiel ihm leichter[1]).

---

[1]) Anmerkung während der Korrektur. Anfang Dezember kam eine fünfte Eventr. diaphragmat. in der Röntgenabteilung zur Beobachtung, die ebenfalls eine Fehldiagnose veranlaßt hatte. Es handelte sich um einen Offizier, der wegen „Herzerweiterung“ in verschiedenen Heilanstalten gewesen war, und dessen Dienstfähigkeit wegen der Herzerkrankung in Frage stand. Die Herzerweiterung war aus einer Verbreiterung des Herzens nach rechts bis zwei Querfinger rechts vom rechten Sternalrand geschlossen worden. Die Röntgendurchleuchtung ergab auch in der Tat, daß das Herz bis 7,5 cm rechts der Mittellinie reichte. Dafür aber nach links nur 7 cm. Es war durch eine mächtige Magenblase, die sich unter dem bis in den IV. Interkostalraum gewölbten Zwerchfell dehnte, nach rechts und oben ge-

Wenn ich in den Bericht über diese beiden Fälle die Bemerkung einflocht, daß die beiden außerhalb der Klinik untersucht und dort nicht als Eventration des Zwerchfelles erkannt wurden, so bin ich weit davon entfernt, damit einen Zweifel an der Genauigkeit der physikalischen Voruntersuchung zum Ausdruck bringen zu wollen. Zum Beweis dafür schließe ich die Mitteilung über folgenden, vor kurzem in der Klinik beobachteten Fall an, der zeigen mag, wie trotz genauer Untersuchung und Zuhilfenahme aller zu Gebote stehenden Methoden ein abnormer Zwerchfellstand zu unangenehmen Zwischenfällen Anlaß geben kann. Er betrifft einen 52jährigen Mann, der wegen unbestimmter Schmerzen im Epigastrium, Unregelmäßigkeiten der Stuhlentleerung und Stichen in der linken Brustseite die Klinik aufsuchte. Objektiv war bei ihm zunächst nur eine mäßige Auftreibung und Schmerzhaftigkeit des Leibes und mit Sicherheit ein pleuritisches Exsudat links hinten und seitlich festzustellen. Durch eine erste Probepunktion, bei der ca. 5 cm^3 Exsudat gewonnen wurden, war jeder Zweifel am Bestehen eines Ergusses behoben. Man dachte an metastatische Pleuritis bei primärem Darmtumor und beschloß, in der Absicht nach Tumorzellen in dem Erguß zu suchen, etwas mehr Exsudat abzulassen. Bei dieser Punktion im VIII. Interkostalraum hinten seitlich ereignete es sich, daß nach Abfluß von ca. 50 cm^3 ein weiteres Abfließen stockte. Als man nun in einer Tiefe von nur wenigen Zentimetern die Nadel noch ein wenig vorschob, wurde der Spritzenstempel plötzlich zurückgedrückt und aus der Nadel entwich Gas unter positivem Druck und von fäkuläntem Geruch. Sofort nach diesem Ereignis wurde Röntgenbild 19 (Tafel III) aufgenommen, dem folgende Deutung gegeben wurde: Unglücklicherweise verbarg sich bei dem Patienten hinter dem Exsudat ein durch mächtig geblähte Darmschlingen hochgetriebenes Zwerchfell. So war es möglich, durch das in dünner Schicht angeordnete Exsudat hindurch das Zwerchfell zu durchstoßen und eine Darmschlinge anzustechen. Aus der Stichöffnung des Darmes entströmte durch die Nadel und den Stichkanal Darmgas nicht nur nach außen und in den Thoraxraum — ein Rest davon ist deutlich als kleiner Seropneumothorax auf dem Bilde zu erkennen —, sondern auch in die Bauchhöhle. Die Ansammlung des freien Gases in der Bauchhöhle ist deutlich lateral von der Kolonaußenwand zwischen dieser und der Bauchwand zu erkennen. Die Prognose wurde natürlich im Hinblick auf die zu erwartende diffuse Peritonitis letal gestellt und wir machten uns den Vorwurf, diese durch die Punktion verschuldet zu haben. Der erwartete Exitus letalis trat am fünften Tage nach der fragwürdigen Punktion ein, aber die Sektion brachte eine Überraschung. Es bestand bei dem Kranken eine Pankreasnekrose, in deren Gefolge der Darm (Teile des Duodenums und des Kolon transversums) angedaut und an verschiedenen Stellen perforiert war. Die im Röntgenbilde festgestellte Ansammlung freien Gases im Abdomen hatte also schon vor der Punktion bestanden und die Peritonitis kommt nicht auf Rechnung dieser Punktion. Die Tatsache der Durchstechung des Zwerchfelles und des Übertrittes von Gas aus der Bauch- in die Brusthöhle bleibt allerdings bestehen, doch war sie auf den Verlauf des Falles ohne nennenswerten Einfluß. Leicht verständlich — ich möchte nicht sagen verzeihlich — ist das Vorkommnis, wenn man in Betracht zieht, daß der Erguß nur in dünner Schicht schalenförmig um das kuppelförmig hochgetriebene Zwerchfell ausgebreitet war, aber dicht genug, um die perkussorischen Phänomene der unter ihm befindlichen Darmteile zu verschleiern.

Die Besprechung des im vorhergehenden geschilderten Falles wurde deshalb etwas ausführlicher gestaltet, weil der röntgenographisch fixierte Befund freier Gasansammlung im Abdomen immerhin zu den Seltenheiten gehört [Meyer-Betz (3)]. Das hängt wohl damit zusammen, daß man einen Patienten, bei dem klinisch Perforations-Peritonitis diagnostiziert wurde, lieber möglichst schnell dem Chirurgen und nicht dem Röntgenologen überweist. Und

---

drängt. Die Auskultation des Herzens, Puls und Blutdruckmessung ergaben nichts Wesentliches. Subjektiv stand der Mann mehr unter dem unangenehmen psychischen Eindruck seiner angeblichen Herzerkrankung, als daß er körperliche Beschwerden gehabt hätte.

diejenigen Fälle, in denen eine Perforation so wenig stürmisch verläuft, daß sie nicht erkannt wird und die freie Gasansammlung im Abdomen erst bei der Röntgendurchleuchtung als Überraschungsbefund auftaucht, dürften eine Ausnahme darstellen. In den letzten sechs Jahren kam ein solcher Fall in unserer Klinik zur Beobachtung. Die interessante Krankengeschichte findet sich am Schlusse. Hier sei daraus nur hervorgehoben, daß der Patient nach erfolgter Perforation 16 Tage lang ohne nennenswerte Erscheinungen bei sich zu Hause bleiben und eine flüssig-breiförmige Ernährung durchführen konnte, ohne daß beängstigende Ereignisse hinzugetreten wären. Dies hat zur Voraussetzung, daß wohl schon vor der Perforation bereits Verwachsungen in der Umgebung des perforierten Ulcus bestanden hatten, die einer Ausbreitung des infektiösen Materials mit folgender diffuser Peritonitis vorbeugten.

Abb. 20 (Tafel III) zeigt den überraschenden Befund, der sich bei der ersten Durchleuchtung des Patienten darbot. Man erkennt unter dem Zwerchfell ohne weiteres die abnorme Gasansammlung, welche die Leber nach unten und medialwärts gedrängt hat. Die lateralen Partien der Gasblase sind völlig frei von Zeichnung. Medial sieht man von der Leber nach oben undeutliche Schatten ziehen, die wohl peritonitischen Strängen oder dem Ligamentum teres entsprechen. Daß es sich um freies Gas und nicht um zwischengelagertes Kolon handelte, ließ sich in diesem Falle leicht entscheiden. Ist die Menge des bei der Perforation ausgetretenen und zwischen Leber und Zwerchfell zur Ansammlung gekommenen Gases geringer, so kann die Unterscheidung von Kolon, das sich über die Leber geschoben hat, schwierig sein. Popper (12) hat hierauf vor kurzem hingewiesen. Nach ihm steigt das freie Gas an die höchste Stelle über der Leber, dort eine Ansammlung in Form einer liegenden Sichel bildend, während die Kolonzwischenlagerung mehr seitlich zwischen Leber und Bauchwand als nach oben spitz zulaufende Gasaufhellung sich zeigen soll. Für Ansammlung kleinerer Mengen mag dies stimmen. In unserem Falle 20 ist die Ansammlung mehr seitlich, so wie sie angeblich für Abdrängnng der Leber durch Kolon charakteristisch ist. Im Falle 19 hat sich zwischen Leber und rechter Zwerchfellkuppe überhaupt kein freies Gas gezeigt, sondern die Ansammlung fand auf der linken Seite zwischen Colon descendenz und Bauchwand statt. Hierbei ist zu berücksichtigen, daß für die Verteilung des ausgetretenen Gases nicht nur dynamische Faktoren maßgebend sind, sondern auch mechanische, worunter peritonitische Verwachsungen und Verklebungen verstanden werden. Welche Rolle sie spielen, zeigt besonders deutlich der unter Nr. 20 mitgeteilte Fall. Wäre die Perforation nicht in einer schon vorher bestehenden Abkapselung erfolgt, so hätte der Patient sicher unter stürmischen Erscheinungen erkranken müssen; und ebenso werden im Falle 19 Verklebungen zwischen Leber und Zwerchfell sich gebildet haben, die einem Vordringen des Gases nach dieser Stelle Einhalt boten.

Der Vollständigkeit halber sei hier angeführt, daß in seltenen Fällen freies Gas im Abdomen auch über einem Flüssigkeitsspiegel beobachtet werden kann, und zwar ebenfalls rechts oben zwischen Leber und Zwerchfell. Es handelt sich dann um den Zustand, der als subphrenischer Pyo-Pneumothorax bezeichnet wird. Über die Ätiologie dieses Zustandes und bildliche Darstellung des Befundes sei auf die Mitteilungen von Alwens (13) und Reinecke (14) (hier auch weitere Literatur) verwiesen.

Zum Schlusse sei darauf aufmerksam gemacht, welche Förderung die Darstellung von Leber und Milz im Röntgenbilde durch den Kontrast gashaltiger Kolonschlingen erfährt. Abbildungen 9, 10, 12 und 20 sagen zu dieser Frage mehr als lange Erörterungen. Wenn man sich solche Bilder vergegenwärtigt, bedarf es weiter keiner Empfehlung der Methode, die zum Prinzip hat, dem Fehlen natürlicher Kontrast erzeugender Gase durch künstliche Einführung solcher abzuhelfen. Ich meine damit das Aufblasen des Kolons vom Rektum aus oder das Einlassen von Luft oder Sauerstoff in die Peritonealhöhle, Methoden, die eingangs erwähnt wurden und bezüglich derer auf die dort angegebene Literatur verwiesen werden muß (1—4).

Auf gleicher Höhe mit ihnen steht die von Achelis (15) angegebene Methode, durch

Aufblähung des Magens die Herzspitze zum Zwecke der Orthodiagraphie deutlicher sichtbar zu machen. Dabei wird erreicht, was auf Abbildungen 1, 13, 14 und 16 sehr deutlich zu erkennen ist, nämlich, daß sich die Herzkontur scharf neben resp. hinter der Kolon- oder Magenblase abhebt. Nur darf nicht übersehen werden, daß dabei auch die Herzlage beeinflußt wird, was allerdings bei mäßiger künstlicher Aufblähung des Magens nicht allzuviel an der Normallage des Herzens zu ändern braucht. Dies ist dem mit der Methode Vertrauten natürlich bekannt, und wenn ich es anführe und durch die Abbildungen 21a und b (Tafel III) veranschauliche, so geschieht dies nur, weil dieses Bild außer an der Herzkontur noch an einem anderen Objekt zeigt, um wieviel der Kontrast des Bildes durch die Aufblähung gewinnt. Der Zufall will es, daß ein in der Rückenmuskulatur befindliches Projektil gerade hinter der Magenblase liegt. Während nun auf Bild 21a das Projektil zwar zu sehen ist, die umgebenden Skeletteile aber wenig scharf hervortreten, erkennt man auf Abbildung 21b mit großer Deutlichkeit die Lageverhältnisse der Revolverkugel zu 11. und 12. Rippe und dem 1. Lendenwirbel.

So wie in diesem, ist in manch anderem Falle die Möglichkeit gegeben, durch Ausnützung der topographischen Verhältnisse im Verein mit natürlicher oder künstlicher Kontraststeigerung die Bildschärfe zu erhöhen. Die Nutzanwendung dieser Tatsache für die speziellen Verhältnisse des Abdomens liegt den vorliegenden Erörterungen zugrunde.

Erklärung der Bilder und zugehörigen Krankengeschichten.

Tafel I—III.

1. Abnorm große Magenblase. Scharfe, gut erkennbare Zwerchfellinie. Horizontal eingestellter Flüssigkeitsspiegel des Mageninhalts. Hinter der Magenblase deutlich hervortretende Herzkontur. (Röntgenaufnahme 9. IX. 1915.)

Patient M. G. 35a. Vegetarianer. Weil zum Militär eingezogen, zu Fleischkost gezwungen. Klagt über Druck im Leibe. Aufstoßen.

Objektiver Befund: Nervöse Stigmata. Achylie-Aërophagie.

2. Gasblase über horizontalem Flüssigkeitsspiegel im Duodenum.

5 Minuten nach Baradiolmahlzeit. (Röntgenaufnahme 3. XI. 1915.)

Patient J. S. 25a. Frühere Krankheiten o. B. 13. IX. 1914 verwundet, Oberarm- und Fußschuß. Seit Anfang Oktober 1915 Schmerzen nach dem Essen, Erbrechen.

Objektiver Befund: Druckempfindlichkeit der Nabelgegend, Hyperazidität. Im Stuhl Sanguis positiv.

Röntgendurchleuchtung: Magen o. B., nur auffallend rasche Entleerung.

Duodenalbefund wie auf Photographie.

Röntgendiagnose: Ulcus duodeni, Duodenalstenose.

Am 13. XI. Operation: Ulcus duodeni dicht am Pylorus. Gastro-Enterostomie.

3. Gasblase über Flüssigkeitsspiegel im Duodenum.

Röntgenaufnahme 22. II. 1915. 10 Minuten nach Baradiolmahlzeit.

Patient E. Sch. 24a. Vor 2 Jahren vorübergehend Magenbeschwerden. Seit 8 Wochen Appetitlosigkeit, Schmerzen in der rechten Leibseite anfallsweise, später ständig, gelegentlich Erbrechen.

Objektiver Befund: Magengegend und Gegend rechts vom Nabel sehr druckempfindlich.

Achylie (keine freie HCl.) 25 Ges.-Az.

Röntgendurchleuchtung: Magen o. B. Pylorus und Duodenum sehr druckempfindlich.

Duodenalbefund wie auf Photographie. Röntgendiagnose: Ulcus duodeni.

Operation wurde abgelehnt.

4. Doppelte Gasblase über horizontalem Flüssigkeitsspiegel.

Röntgenaufnahme 15. X. 1915. $1^1/_2$ Stunden nach Baradiolmahlzeit.

Patient J. K. 46a. Im 22. Jahre Schmerzen in der Magengegend, jedesmal nach dem Essen; periodenweises Wiederauftreten dieser Schmerzen. Vor 4 Jahren stärkere Schmerzen, vor einem Jahre erneute Zunahme der Schmerzen, auch nachts.

Objektiver Befund: Rechte obere Bauchseite schmerzempfindlich. Nüchtern einige Kubikzentimeter Inhalt. Werte 40 freie HCl. 70 Ges.-Az. Säurewerte nach P. F. 68 : 88. Im Stuhl Sanguis negativ, zeitweise Zucker im Urin.

Röntgendurchleuchtung: Unscharfer Antrumteil des Magens. Pylorus nach rechts gezogen; offen. Anstauung im Duodenum. Nach 1 1/2 Stunden Befund wie auf Photographie.

Röntgendiagnose: Ulcus duodeni, doppelte Striktur von Dünndarmschlingen (eventuell primärer Gallenblasenprozeß).

Operation 2. XI. 1915: Ulcus callosum hinter dem Pylorus am Pankreaskopf. Stränge, die zur Gallenblase, zum Dünndarm und Colon transversum ziehen. Lösung der Stränge. Schluß des Pylorus (nach Wilms) Gastro-Enterostomie, Heilung.

5. Gasblase über horizontalem Flüssigkeitsspiegel im Duodenum.

Röntgenaufnahme 3. XI. 1915. 5 Minuten nach Baradiolmahlzeit.

Patient M. B. 64a. Frühere Krankheiten o. B. am 25. X. akut erkrankt mit Schmerzen in der Magengegend und Erbrechen, 2 Tage später Gelbfärbung der Haut.

Objektiver Befund: Druckempfindlichkeit der Gegend unterhalb des rechten Rippenbogens.

Röntgendurchleuchtung: Magen o. B., abgesehen von abnorm rascher Entleerung. Duodenum wie auf Photographie.

Röntgendiagnose: Duodenalstrangulation durch pericholezystische Stränge. Operation wurde abgelehnt.

6. Mehrfache Gasansammlung über horizontalem Niveau in stark erweiterten Dünndarmschlingen.

Röntgenaufnahme 8. V. 1915. 5 Stunden nach Baradiolmahlzeit. Die rundliche Baradiolansammlung rechts neben dem Nabel entspricht dem erweiterten Duodenum. Die Querfalten der Dünndarmwand sind außerordentlich deutlich zu erkennen.

Patient J. K. 60a. Seit 8 Jahren öfters Aufstoßen und Erbrechen. Seit 1/2 Jahre krampfartige Schmerzen im Leib, besonders nachts. Stuhlverstopfung. Gurren im Leib.

Objektiver Befund: Mäßige Auftreibung des Abdomens, rechts vom Nabel Druckempfindlichkeit. Durch die dünne Bauchdecke hindurch Darmperistaltik sichtbar.

Röntgendurchleuchtung: Magen nach Form und Lage normal, schon kurz nach der Kontrastfüllung starke Ansammlung im Duodenum. Niveaubildung. Des weiteren noch an mehreren Stellen im Dünndarm Spiegelbildung unter Gas. Nach 5 Stunden Befund wie auf Photographie. Bei weiterer Verfolgung der Passage ergibt sich erneute Anstauung in der rechten Flexur. Wismuteinlauf ergibt ebenfalls Stenose der rechten Flexura coli.

Röntgendiagnose: Stenose in der rechten Flexur (Tuberkulose oder Tumor). Übergreifen peritonitischer Stränge auf Duodenum und verschiedene Dünndarmschlingen mit Strangulation als Folge.

Operation 5. VI. 1915: Faustgroßer Tumor im oberen Teil des Coecums. Ileum streckenweise stark erweitert. Kolon kontrahiert. Am 7. VI. Tot an Peritonitis. Sektion: Tuberkulose des Coecums.

7. Gasansammlung im Dünndarm (rechts vom Nabel), **deutlicher Spiegel im Dünndarm** (links vom Nabel).

Röntgenaufnahme 6. V. 1914. 4 Stunden nach Baradiolmahlzeit.

Patient K. St. 25a. Seit einem Jahre reißende Schmerzen im Leib, seit einem halben Jahre stärkere Schmerzen, besonders nach dem Essen. Erbrechen. In der Nacht besonders heftige Schmerzanfälle, dabei zuweilen Vorwölbung des Leibes an einzelnen Stellen. Seit 4 Monaten täglich Erbrechen, Abmagerung.

Objektiver Befund: Leib weich, nicht druckempfindlich, lautes Gurren, hörbar, sichtbare Peristaltik.

Röntgendurchleuchtung: Magen normal, im Dünndarm stellenweise Gasansammlung, horizontale Einstellung der Kontrastfüllung unter Gasaufhellung (wie auf Photographie), Coecum mangelhaft gefüllt.

Röntgendiagnose: Ileocoecaltuberkulose mit Erweiterung und teilweiser Strangulation des Dünndarmes.

Operation 18. V. 1914. Stenose des Dünndarmes nahe des Coecums durch tuberkulöses Ulcus. Resektion, Anastomosis Ileocolica.

8. Totalaufnahme vom Abdomen. Enorme Blähung sämtlicher Darmteile. Flüssigkeitsschatten in vierfachem verschieden hohem Horizontalniveau eingestellt.

Röntgenaufnahme 12. VIII. 1915.

Patient J. K. 14a. Seit 14 Tagen Krankheitsgefühl, Erbrechen, Durchfälle. Seit 8 Tagen starke Schwellung des Leibes.

Objektiver Befund: Inanition, starke Schwellung des Leibes, Lungen o. B., Abdomen gespannt, in den mittleren Partien Tympanie, in den Seiten Dämpfung, Plätschern hörbar, Darmschlingen durch die Bauchdecke hindurch sichtbar.

Röntgendurchleuchtung zeigt Befund wie Photographie. Außerdem erkennt man, wie sich beim Neigen des Rumpfes die verschiedenen Flüssigkeitsspiegel immer horizontal einstellen. Bei ruckweiser Bewegung Wellenbewegung aller 4 Spiegel. Es gelingt in keiner Stellung, aus einer Kammer Flüssigkeit in eine andere überfließen zu lassen.

Röntgendiagnose: Stenosierung von Darmschlingen, enorme Dilatation der vor den Stenosen gelegenen Darmabschnitte. Ätiologie, wahrscheinlich Darm- oder Peritonealtuberkulose (vielleicht abgekammerter Aszites). Am 20. VIII. Auftreten von akutem Ileus und Verlegung auf die chirurgische Klinik.

Operation: Medianschnitt, Abfließen von ca. 1 l Aszites, Karzinom der linken Flexur mit fast vollkommenem Verschluß des Darmlumens. Enorme Dilatation von Dünn- und Dickdarm, Colon transversum über armdick. Anlegung eines Anus präter. In zweiter Sitzung Resektion der karzinomatösen Flexur. Zurzeit noch Anus präter, Wohlbefinden.

9. Große Kolonblase. Milz dicht unter der linken Zwerchfellkuppe deutlichst zu erkennen. Magen mit Kontrastspeise gefüllt, ptotisch, in den oberen Partien nach rechts gedrängt.

Röntgenaufnahme 8. VI. 1915.

Patient J. H. 36 a. Druckgefühl in der Magengegend nach dem Essen.

Objektiver Befund: Nichts Deutliches.

Röntgendurchleuchtung wie Photographie.

Röntgendiagnose: Ptose des Magens, abnorme Kolonblähung.

10. Abnorm starke Gasblähung der linken Flexur und des Colon descendens. Milzschatten seitlich vom Kolon, Magen nach rechts, Zwerchfell nach oben gedrängt.

Röntgenaufnahme 5. X. 1915.

Patient R. R. 20 a. Klagt über Herzklopfen, Brustschmerzen.

Objektiver Befund: Lungen und Herz o. B. Bei Röntgendurchleuchtung Kolonblähung als Nebenbefund.

11. Enorme Gasblähung der linken Flexur und des Colon descendens. Magen nach rechts, Zwerchfell nach oben gedrängt.

Röntgenaufnahme 3. XI. 1915.

Patient K. K. 26 a. Klagt über Kreuzschmerzen und Druckgefühl im Leib.

Objektiver Befund: Subazidität, mäßige Ptose.

Röntgendurchleuchtung zeigt Befund wie Abbildung.

Röntgendiagnose: Ptose des Magens, enorme Kolonblähungen.

12. Unterer **Leberrand** deutlich **über geblähtem Colon transversum** zu erkennen. Zwerchfellhochstand über Magen und Kolonblase.

Röntgenaufnahme 22. XI. 1915.

Patient M. N. 37 a. Klagt über Stiche im Rücken und in der linken Seite.

Objektiver Befund: Hochstand und mangelnde Beweglichkeit des linken Zwerchfelles.

Röntgendurchleuchtung wie Photographie. Außerdem schlechte Beweglichkeit des linken Zwerchfelles.

13. Sehr starker Hochstand des linken Zwerchfelles. Zwerchfellinie scharf hervortretend, darunter stark geblähtes Kolon, Herz nach rechts gedrängt.

Röntgenaufnahme 15. X. 1915.

Patient G. M. 40 a. Kommt wegen „Lungenspitzenkatarrh“ zur Untersuchung.

Objektiver Befund: Schall über der rechten Spitze verkürzt.

Röntgendurchleuchtung: Rechte Spitze enger und dunkler. Zwerchfellhochstand wie auf Photographie als Nebenbefnnd.

Röntgendiagnose: Eventratio diaphragmatica.

14. Enormer Zwerchfellhochstand links, sehr stark geblähtes Kolon unter dem Zwerchfell, Herz nach rechts gedrängt (Magen mit Kontrastspeise gefüllt).

Röntgenaufnahme 17. IV. 1913.

Patient M. A. 57 a. Seit 5—6 Jahren Spannen in der rechten Leibseite, namentlich beim Bücken, im Anfang Erbrechen, später nur Spannungsgefühl, wenn sie mit Nahrungsaufnahme vorsichtig war.

Objektiver Befund: Etwas Auftreibung des Leibes. Leib namentlich in der rechten Seite (Leber?) druckempfindlich.

Röntgendurchleuchtung zeigt Befund wie Photographie.

Röntgendiagnose: Ptose und Ektasie des Magens, Eventratio diaphragmatica.

15. Sehr starker Hochstand des linken Zwerchfelles. Zwerchfellinie scharf, darunter große Magenblase. Magen mit Kontrastspeise gefüllt von lang ausgezogener Form, Herz nach rechts gedrängt.

Röntgenaufnahme 21. IV. 1915.

Röntgendiagnose: Eventratio diaphragmatica.

Patient E. K. 50a. Krankengeschichte siehe im Text Seite 6.

16. Zwerchfellhochstand, links große Kolonblase unter dem Zwerchfell. Herz mäßig nach rechts gedrängt. Aufnahme 5. VIII. 1915.

Röntgendiagnose: Eventratio diaphragmatica.

Patient Dr. V. Krankengeschichte siehe im Text Seite 6.

17. Zwerchfell links an der Seite des Thorax **in Höhe der 8. Rippe fixiert.** Scharfe Zwerchfelllinie von innen unten nach außen oben ansteigend, darunter große Magen- und Kolonblase. Geschoß links neben dem ersten Lendenwirbel. Aufnahme 18. IX. 1915.

Patient M. K. 27a. Oktober 1914 Lungensteckschuß.

Objektiver Befund: Rechts normale Lungengrenze, links seitlich Lungengrenze nicht sicher zu bestimmen.

Röntgendurchleuchtung zeigt Befund wie Photographie. Zwerchfell links nicht beweglich, Magen- und Darmbefund siehe Text Seite 6.

Röntgendiagnose: Fixation des Zwerchfelles an der seitlichen Thoraxwand, abnorme Magen- und Kolonblähung unterhalb des fixierten Zwerchfelles, Sanduhrmagen durch Strangulation.

18. Infiltration und Schwarte im Bereich des linken Unterlappens. **Zwerchfell seitlich hoch fixiert,** darunter **stark geblähtes Kolon.** Granatsplitter links seitlich zwischen 10. und 11. Rippe.

Röntgenaufnahme 16. X. 1915.

Patient L. W. 27a. Im März 1915 Lungenschuß.

Objektiver Befund: Links unten seitlich Dämpfung, unverschiebliche Lungengrenze.

Röntgendurchleuchtung wie auf Photographie.

19. Schmales Exsudat mit kleinem Pneumothorax über dem Zwerchfell, darunter medial geblähtes Kolon, lateral zwischen Kolon und Bauchwand freies Gas. Aufnahme 9. IX. 1915.

Patient K. O. 52a. Krankengeschichte siehe im Text Seite 7.

20. Große halbmondförmige Gasblase zwischen Leber und rechtem Zwerchfell. Zwerchfell rechts scharf. Innerhalb der Gasansammlung keine Haustrenbildung. (Aufnahme 24. V. 1912.)

Röntgendiagnose: Freies Gas zwischen Leber und Zwerchfell.

Patient J. M. 38a. Seit ca. einem Jahr Magenbeschwerden; besonders nach Genuß schwerer Speisen. Heftige Schmerzen und Erbrechen. Seit 3 Monaten Besserung. Am 7. V. abends plötzlich sehr heftiger Schmerz „wie ein Stich mit dem Messer“. Über Nacht hielten die Schmerzen an; am anderen Morgen war der Leib aufgetrieben. Auf Rizinusöl sechsmal Stuhlentleerung. Fieber bestand nicht. Am 23. V. kam er zur Aufnahme, in der Zwischenzeit nährte er sich von Milch, Eiern, Kaffee.

Objektiver Befund: Haut blaß, macht einen leidenden Eindruck. Thorax symmetrisch. Rechts unten geringes Nachschleppen. An Stelle der Leberdämpfung laute Tympanie. Herz nach links gedrängt. Abdomen aufgetrieben, namentlich das Epigastrium. Überall Tympanie, nirgends Dämpfung, auch in den abhängigen Partien nicht. Keine Leberdämpfung, dafür laute Tympanie.

Röntgendurchleuchtung wie Photographie. Zwerchfell bewegt sich mit der Respiration. In Rückenlage verschwindet die lufthaltige Partie bis auf einen kleinen Spalt vor der hochsteigenden Leber.

Röntgendiagnose: Perforation eines Magenulkus. Austritt von Magenluft in die freie Bauchhöhle.

Operation 29. V. 1912. 10 cm langer Schnitt entlang dem rechten Rippenbogen. Bei Eröffnung des Peritoneums Abfließen von wenig serösem Exsudat. Eine Abszeßhöhle wird nicht gefunden. Drainage. Nach und nach granuliert die Wunde unter Entfernung der Drains zu. Nahrungsaufnahme ohne Schwierigkeiten. Am 9. VII. Wunde verheilt. Leberdämpfung wieder an normaler Stelle, ebenso Cor. Leib überall weich.

Röntgendurchleuchtung: Zwerchfellhochstand rechts, schlechte Beweglichkeit, keine Luft mehr zwischen Zwerchfell und Leber. Magen (mit Kontrastspeise gefüllt) geschrumpft, an der kleinen Kurvatur

schneckenförmig aufgerollt. Antrum (bei seitlicher Durchleuchtung) nahe an der vorderen Bauchwand. Leichter Durchtritt von Wismutspeise in das Duodenum. Ausheberung des Magens: Achylie.

Röntgendiagnose: Ulcus am unteren Ende der kleinen Kurvatur.

21a. Geschoß in Höhe des I. Lendenwirbels, Lagebeziehung zu den Rippen undeutlich. Zwerchfellinie und Herzspitze kaum differenzierbar.

21b. Nach Aufblähung mit CO_2. Projektil außerordentlich deutlich zwischen 11. und 12. Rippe neben dem I. Lendenwirbel. Zwerchfell in scharfer Linie. Kontur der Herzspitze gut zu erkennen.

Röntgenaufnahme 6. XI. 1915.

Patient A. F. 36a. Vor 3 Jahren Schuß mit Revolver. Einschuß links vorne unter der Manilla. Jetzt keine Beschwerden. Untersuchung erfolgt zwecks militärischer Begutachtung.

Zusammenfassung.

Bemerkungen über physiologische und pathologische Bedeutung der Magenblase, Aërophagie; Beziehungen zur Rumination. Einfluß abnormer Magenblase auf den Zwerchfellstand.

Gasansammlungen im Dünndarm, besonders bei gleichzeitiger Stauung des flüssigen Inhaltes und Spiegelbildung sind pathognomonisch für Stenose oder Strangulation des Darmlumens.

Normaler und abnormer Gasgehalt im Dickdarm geben nicht selten allein schon — ohne Kontrasteinlauf — Aufschluß über Lage und Form des Kolons, speziell der Flexuren. Lageanomalien der rechten Flexur; abnorme Dehnung der linken Flexur und ihre Beziehung zur Eventratio diaphragmatica. Bedeutung der überdehnten linken Flexur, des Colon descendens (und Magen) für abnormen Zwerchfellstand und Herzlage.

Ansammlung freien Gases in der Bauchhöhle, subphrenischer Pyo-Pneumothorax.

Darstellung von Leber und Milz im Röntgenbild. Kontraststeigerung des Herzbildes.

Literatur.

1) Weber, Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen, Bd. XX, S. 453.
2) Löffler, Münchener med. Wochenschr. 1914, Nr. 14, S. 763.
3) Meyer-Betz, Münchener med. Wochenschr. 1914, Nr. 15, S. 810.
4) Rautenberg, Münchener med. Wochenschr. 1914, Nr. 18, S. 1014.
5) Chilaiditi, Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen, Bd. XVI, S. 173.
6) Rosenfeld, XXXI. Kongr. f. innere Med. 1914. Ref. Münchn. med. Wochenschr. 1914, Nr. 21, S. 1195
7) Schmaltz, Münchener med. Wochenschr. 1914, Nr. 10, S. 562.
8) Arnsperger, Deutsch. Arch. f. klin. Med., Bd. 93, S. 88.
9) Krause, Verhandlungen der deutschen Röntgengesellschaft 1913, Bd. IX, S. 27.
10) Kayser, Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen. Bd. XX, S. 240.
11) Lorey, Verhandlungen der deutschen Röntgengesellschaft 1912, Bd. VIII, S. 46.
12) Popper, Deutsch. med. Wochenschr. 1915, Nr. 35, S. 1035.
13) Alwens, Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen. Bd. XVI, S. 213.
14) Reinecke, Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen. Bd. XVI, S. 423.
15) Achelis, Münchener med. Wochenschr. 1910, Nr. 43, S. 2225.

Eine seltene Röntgenreaktion.

Von

Prof. Dr. **Levy-Dorn,** Berlin, leitender Arzt am Rudolf-Virchow-Krankenhaus.

Die biologischen Wirkungen der Röntgenstrahlen können verschieden ausfallen, je nachdem sie einen gesunden oder kranken Körper treffen. In den röntgenologischen Büchern sind meines Wissens bisher nur die Reaktionen bei Gesunden — und bei Kranken, soweit sie im wesentlichen mit ihnen übereinstimmen — zusammenfassend behandelt, während im übrigen die Reaktionen der Kranken nur gelegentlich in der speziellen Röntgentherapie neben dem Einfluß der Strahlen auf das kranke Gewebe erwähnt werden.

In demselben Grade, in welchem die krankhaften Zustände weniger erforscht sind als die gesunden, vermehren sich die Schwierigkeiten, einwandsfreie Beobachtungen anzustellen, so daß wir für das entsprechende Röntgenkapitel noch fleißig Bausteine zusammentragen müssen. Es sei daher der folgende Fall mitgeteilt.

Der 41 Jahre alte Patient (der Patient stammt aus der Abteilung des Prof. Dr. Brandenburg, Stationsarzt Dr. Zickel) wurde mir am 30. September 1914 zur Röntgenbehandlung vorgestellt.

Er hatte sich am 8. September 1914 eine Halsentzündung zugezogen, zu der noch an demselben Tage eine Schwellung der linken Halsseite trat. Behandlung mit essigsaurer Tonerde; Zunahme der Schwellung innerhalb dreier Tage. Am 12. September 1914 an der linken Halsseite wegen Drüsenschwellung operiert. Zwei Tage später soll sich rechts am Halse eine Schwellung eingestellt haben, die bis jetzt ständig zugenommen hat. In der Tat zeigte sich eine 2-faustst‌arke Drüsengeschwulst in der rechten Submaxillargegend und hinter dem rechten Ohre, und ein faustgroßer Tumor links.

Die Drüsen werden von 2 Seiten mit $1\frac{1}{2}$ S.-N. (Sabouraud et Noiré) unter einem Filter von 3 mm Aluminium bestrahlt. Insbesondere am

1. X. 1914. Rechts die obere und untere Hälfte von der vorderen Seite.

2. X. 1914. Rechts die hintere Seite, links die vordere Gegend.

Es stellte sich alsbald eine Hämaturie ein, die am 6. ihren Höhenpunkt erreichte und bis zum 14. fast vollständig abklang. Zugleich Ziehen in den Drüsen, geringe Temperatursteigerung mit schlechtem Allgemeinbefinden. Am 14. X. 1914 wurde die Wunde bestrahlt — also die drüsenfreie Gegend, die Hämaturie nahm nicht zu. Zugleich mit der Hämaturie, Albumen und Zylinder. Am 6. XI. 1914 Bestrahlung wie am 1. und 2. X. 1914. Die Blutung nahm stark zu und fiel plötzlich am 18. XI. 1914 ab. Die Drüsen verkleinerten sich bedeutend und wurden erheblich weicher.

24. und 25. XI. 1914 — dritte Bestrahlung, rechts je $\frac{1}{2}$ S.-N. vorn und hinten. Wiederum starke Hämaturie, schnell ansteigend, am 26. XI. 1914 auf der Höhe. Vom 4.—8. XII. 1914 allmählich abflauend.

Mit der Hämaturie entstanden wie auch früher Temperatursteigerungen bis 38,5° und schlechtes Allgemeinbefinden, Appetitlosigkeit, Schmerzen in den Drüsen.

Am 9. XII. 1914 fühlt sich Patient wieder wohl.

30. XII. 1914 Befinden bis dahin gut; Eiweißspuren im Urin, aber keine Hämaturie. Drüsen wieder sehr dick und hart. $1\frac{1}{2}$ S.-N. werden verabfolgt.

3. I. 1915 Ohnmacht und bis zum 5. I. 1915 starke Blutung. Temperatur stieg bis 39,9°. Drüsen schmerzten wieder.

20. I. 1915. Patient ist wieder wohl.

Es wurden nunmehr kleinere Dosen je 1 S.-N. einen Tag um den andern an verschiedenen Stellen gegeben und zwar am 28. I. 1915 rechts am Hals, am 30. I. 1915 unter dem rechten Ohre, 2. II. 1915 rechts am Hals, 4. II. 1915 desgl., 6. II. 1915 links am Hals, 8. II. 1915 desgleichen.

Vom 8.—10. II. 1915 nur wenig Blut im Urin, kein Fieber. Patient fühlt sich wohler.

20. II. 1915. Hals rechts unter, 22. II. 1915 links hinter dem Ohre, 24. II. 1915 rechts in Mitte des Halses, 25. II. 1915 rechts hinter dem Ohre mit je 1 S.-N. bestrahlt.

Links verkleinerten sich die Drüsen erheblich, rechts unbedeutend. Urin wurde etwas blutig; Ziehen in der rechten Halsseite.

Es folgten noch einige Bestrahlungen mit je 1 S.-N., und zwar 13. u. 15. III. Milz — 18., 20. III. rechte Halsdrüse. 6. IV. Milz — 17. IV. linke Halsdrüse — 20. IV. neue Drüse am rechten Schulterblatt.

Außer der Bestrahlung wurden Natron cacodylicum und Jod angewandt, welche keinen sichtlichen Einfluß auf Hämaturie ausübten.

Ende April nahmen die Drüsen wieder erheblich an Umfang zu. Es stellte sich Atemnot und Schmerzen in Gegend des rechten Schultergelenks ein. Patient magerte stark ab. Rechts, weniger links fühlte man zum Teil knotige Drüsentumoren am Halse und der Fossa supraclavicularis. Am 18. V. 1915 trat der Tod ein, nachdem sich einige Tage vorher Heiserkeit und Atemnot eingestellt hatten.

Im Urin fanden sich zuletzt noch zahlreiche rote Blutkörperchen.

Die Sektion ergab: Großzelliges Sarkom der Halsdrüsen, Metastasen der mediastinalen Lymphdrüsen, Nephritis interstitialis chronica, Oedema pulmonum, Bronchitis chronica.

Die bestrahlten Drüsentumoren zeigten sich beim Durchschnitt als harte derbe pankreasähnliche Massen, während die nicht bestrahlten Mediastinaldrüsen weiche, etwas graue Knoten bildeten.

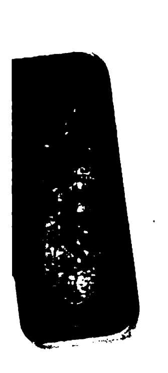
Im mikroskopischen Präparat des bestrahlten Tumors überwog bei weitem ein derbes Bindegewebe, während die Tumorzellen zum größten Teil verschwunden, oder mehr oder weniger zerfallen waren.

Im geschilderten Falle wurde also ein grobzelliges Sarkom der Lymphdrüsen durch Röntgenstrahlen mehr oder weniger unter Wucherung des Bindegewebes zum Schwund gebracht, wobei nach verhältnismäßig kleinen Tiefendosen eine schwere Störung des Allgemeinbefindens mit Fieber und Hämaturie auftrat. Dabei bestand eine chronische Nephritis.

Man kann mit größter Wahrscheinlichkeit annehmen, daß die durch Bestrahlung des Sarkoms entstandenen Toxine die kranke Niere reizten und so die Hämaturie erzeugten.

Wir können hier auch von einer Idiosynkrasie gegen Röntgenstrahlen reden, insofern sich das Eintreten einer Hämaturie nicht voraus sehen ließ. Denn zahlreiche ähnlich Erkrankte wurden bisher und werden noch ohne die geschilderten Folgen bestrahlt. — Zum Begriff der Idiosynkrasie gehört ja nicht die Voraussetzung, daß das reagierende Individuum gesund sei.

Die vorliegende Beobachtung lehrt unter anderem, daß wir bei Bestrahlungen mehr, als bisher das Verhalten des Urins überwachen sollten.



Die Fürstenausche Siedekühlröhre und ihre Anwendung im praktischen Betriebe.

Von

Dr. **Fritz M. Meyer**, Berlin.

Die Ausbildung der Tiefentherapie und die Einführung filtrierter Röntgenstrahlen für die Behandlung von Hautkrankheiten hatten die Notwendigkeit zur Folge, an die Röntgenröhren erhöhte Anforderungen zu stellen. Sie mußten nicht nur imstande sein, bei entsprechender Belastung den gewünschten Härtegrad zu liefern, sondern auch ohne Gefahr des Weicherwerdens oder sonstige Störung mehrere Volldosen hintereinander zu verabreichen. Der sich zeigenden Schwierigkeiten suchte man auf verschiedenen Wegen Herr zu werden, die, von einigen Ausnahmen abgesehen, den richtigen Gedanken gemeinsam hatten, die im Betriebe an der Antikathode entstehende Wärme abzuleiten. Am geeignetsten erschien hierzu das kühle Wasser, dessen gleichmäßige Temperatur durch die komplizierte Zuhilfenahme von Zirkulationspumpen und Kühlgefäßen erhalten wurde. Sah man aber von letzterem ab und beschränkte sich auf die einmalige Füllung mit kaltem Wasser, so konnte man im Betriebe der Wasserkühlröhre drei Phasen unterscheiden. Zunächst hatte die Röhre die Neigung, erheblich härter zu werden, sie arbeitete unruhig und lud sich statisch auf, dann wurde das Wasser heißer und das Röhrenlicht gleichmäßiger, Milliampèremeter und Qualimeter nahmen die ursprünglichen Werte an und behielten dieselben bei; schließlich siedete das Wasser, der Dampf drang in die Außenluft, schlug sich auf die Röhrenwand nieder, wodurch die Gefahr eines Durchschlages entstand, und die Röhre fing an, weicher zu werden.

Aus diesen Betrachtungen erhellt schon die Möglichkeit, mit warmem Wasser ein konstanteres, ruhigeres Röntgenlicht als mit kaltem Wasser zu erzielen. Albers-Schönberg gebührt das Verdienst, diesen Gedanken zum Ausdruck gebracht zu haben, während Bucky vor nicht zu langer Zeit ihm eine konkretere Form in Gestalt einer entsprechend angelegten Röhre gab. Auf Veranlassung von Fürstenau hat auch jetzt die Radiologiegesellschaft dem Prinzip der Kühlung mit warmem Wasser durch Einführung des sogen. Siedekühlers Rechnung getragen. Um sich eine Kühlung der Antikathode mit warmem Wasser zu erklären, muß man sich gegenwärtig halten, daß die Temperatur des kochenden Wassers von 100° immer noch erheblich unter derjenigen der Antikathode liegt, also noch reichlich Wärme von ihr in sich aufnehmen kann. Wichtig ist nun — dies ist ja nach dem oben Gesagten einleuchtend —, einen Niederschlag des Wasserdampfes auf die Glaswand zur Vermeidung eines Durchschlages zu verhindern. Fürstenau hat durch seinen Siedekühler diese Aufgabe in äußerst sinnfälliger Weise gelöst. Er läßt den beim Sieden entstehenden Wasserdampf die sich bei der Antikathode bildende Wärme, in Form latenter Verdampfungswärme, aufnehmen. Da dieselbe 539 mal so groß ist als die spezifische Wärme des Wassers, so strömt mit dem Wasserdampf eine große Wärmemenge von der Antikathode in den Siedekühler hinein. Hier wird er in einem System von Röhren zur Kondensation gebracht und fließt wieder in das Kühlgefäß zurück, nachdem er die Antikathodenwärme als Kondensationswärme abgegeben hat. Durch eine entsprechende Anordnung wird der Austritt des Wasserdampfes in die Außenluft verhindert, ohne daß die Verbindung zwischen ihr und dem Siedekühler fortfällt. Die Wassermenge des Behälters kann sich also nie ändern.

Tatsächlich ist auf diese Weise Fürstenau gelungen, das warme Wasser als Kühlungsmittel nicht nur in richtiger, sondern auch in denkbar einfachster Weise in den Röntgenbetrieb einzuführen. Der Siedekühler hat den großen praktischen Vorzug, daß er von der Röntgenröhre abgeschraubt und jeder anderen Röhre gleichen Modells wieder aufgesetzt werden kann.

Ich habe recht lange nun mit ihm gearbeitet und mich von seinem großen Werte hinreichend überzeugen können. Ich begrüße ihn nicht nur als Fortschritt in wissenschaftlicher Beziehung, sondern freue mich über die Möglichkeit, ohne Verwendung eines Hilfsinstrumentariums meine Röhre ohne Unterbrechung bedenkenlos gebrauchen zu können. Ich habe die Röhre angestrengt benutzt und sie mehrmals über eine Stunde ohne Pause laufen lassen. Sie lief entweder völlig konstant oder zeigte geringe Neigung zum Härterwerden, die letztere Beobachtung hängt damit zusammen, daß ich die Röhre, mit der ich meine Versuche machte, sehr lange schon im Betriebe habe, und sich infolgedessen bei ihr zahlreiche Metallniederschläge vorfinden, die das Härterwerden ja ohne weiteres erklären. Wichtig ist jedoch, den Kühlmittelbehälter nur bis zu $^1/_3$ seines Volumens mit Wasser aufzufüllen. Nimmt man nämlich ein reichlicheres Quantum, wie man es bei der Kühlung mit kaltem Wasser gewohnt war, so ist der Druck der Wassersäule ein so großer, daß der Dampf nicht den Behälter verlassen kann und die Röhre infolge der Unmöglichkeit, die Antikathodenwärme abzuführen, weicher werden muß. So erklärt sich wohl auch die eingangs erwähnte, bei der Kühlung mit kaltem Wasser gemachte Beobachtung, daß die Röhre beim Sieden des Wassers weicher wurde.

Moderne Strahlentherapie.

Von

Dr. **Karl Bangert.**

Eine neue Epoche in der Physik begann, als der große Physiker Hertz die experimentellen Ergebnisse seiner Forschungen über den Zusammenhang des Lichtes mit der Elektrizität in seiner berühmten Rede auf der Naturforscherversammlung in Heidelberg 1889 in die Worte zusammenfaßte: „Das Licht ist eine elektrische Erscheinung, das Licht an sich, das der Kerze, das eines Glühwurms. Nehmt aus der Welt die Elektrizität, und das Licht verschwindet; nehmt aus der Welt den lichttragenden Äther, und die elektrischen und magnetischen Kräfte können nicht mehr den Raum überschreiten. In jeder Flamme, in jedem leuchtenden Atom sehen wir einen elektrischen Prozeß. Auch wenn ein Körper nicht leuchtet, so lange er nur Wärme ausstrahlt, ist er der Sitz elektrischer Erregungen."

Freilich hatten sich die Physiker bereits lange mit den Lichtstrahlen und mit der Elektrizität beschäftigt, hatten die Gesetze aufgestellt und experimentell begründet, nach denen die Lichterscheinungen vor sich gehen und denen der elektrische Strom gehorcht. Über die Natur dieser Erscheinungen gab es aber nur Vermutungen, die häufig zu einem Widerstreit der Meinungen führten. Keine Hypothese konnte allgemeine Gültigkeit für sich beanspruchen, zumal mannigfache Ausnahmen gefunden wurden, die entgegen dem bekannten Sprichwort die Regel nicht zu bestätigen schienen. Da kam nun Hertz und wies nach, was der englische Physiker Maxwell bereits vor ihm theoretisch vorausgesagt hatte, daß die Lichtstrahlen und die elektromagnetischen Schwingungen wesensgleich sind. Trotzdem wollte der alte Widerstreit nicht verstummen; wurden doch in der Folgezeit weitere Strahlen mit Lichtwirkung entdeckt, die nicht in die gemeinsame Grundform der Maxwell-Hertzschen Anschauungen passen wollten. Es waren das die Kathodenstrahlen, die Kanalstrahlen, die Röntgenstrahlen und schließlich die radioaktiven Strahlungserscheinungen. Kein Wunder, daß sich die Physiker eifrig mit diesem Problem beschäftigten. Ihren Forschungen ist es zu verdanken, daß die Gültigkeit des Hertzschen Ausspruches für alle Strahlengattungen feststeht, sofern es sich nicht um solche korpuskularer Natur handelt.

Auch der Mediziner hatte sich frühzeitig mit all den bekannten Strahlengattungen beschäftigt; fand er doch, daß sie ihm eine wichtige Stütze waren, Heilungsvorgänge mannigfacher Art einzuleiten, zu fördern, oder gar zu völligem Gelingen zu bringen. Für ihn ist die Strahlentherapie ein Gebiet, das heute nicht nur die Behandlung mit Sonnenstrahlen, sondern auch mit Wärme- und Lichtstrahlen, mit ultravioletten, Röntgen- und Radiumstrahlen umfaßt.

Diese Strahlen, in der Physik als elektromagnetische Schwingungen gekennzeichnet, sind nach unseren heutigen Anschauungen Wellenbewegungen des Äthers. Vorgänge mit Schwingungscharakter begegnen uns auf vielen Gebieten der Physik. Der Name „Schwingung" stammt aus dem Ideenkreis der Mechanik. Er wird aber in übertragenem Sinne auch dort gebraucht, wo es sich nicht, wie z. B. beim Pendel, um eine wirkliche Bewegung einer Masse handelt, sondern um Veränderungen irgend welcher Größen, deren zeitlicher Ablauf durch dieselben formalen Mittel darstellbar ist.

Erteilt man einem ruhenden Pendel einen Stoß, so erhält man einen Verlauf seiner Schwingung, wie Figur 1 darstellt. Man kann die Linie so erzeugen, daß man an dem Pendel einen Schreibstift befestigt und die Zeichenfläche unter ihm mit gleichmäßiger Geschwindigkeit fortbewegt. Man erhält dann die in der Figur dargestellte Linie, die man bestimmter mathematischer Eigenschaften wegen als Sinuslinie bezeichnet. Die größte Entfernung von der Ruhelage nennt man Amplitude der Schwingung (Schwingungsweite). Nach regelmäßigen Zeitabschnitten kehren dieselben Werte des Schwingungszustandes wieder. Ein solcher Zeitabschnitt heißt Schwingungsdauer oder Periode der Schwingung. In dieser Zeit vollzieht sich also eine ganze Schwingung. Geschehen in der Zeiteinheit, z. B. in der Sekunde, n ganze Schwingungen, so nennt man n die Schwingungszahl.

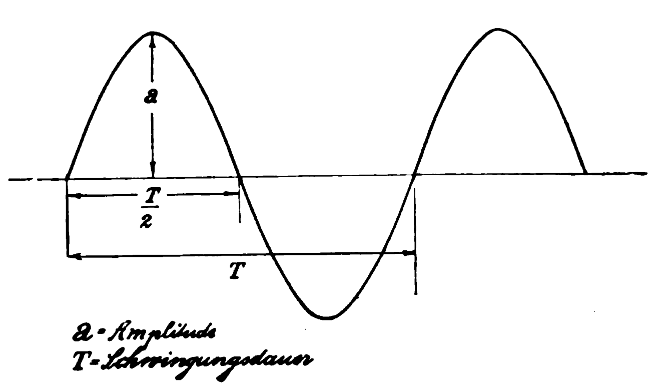


Fig. 1. Schwingungslinie.



Befindet sich ein System in Schwingung, so werden sich seine zeitlich aufeinanderfolgenden Zustandsänderungen dem umgebenden Medium (Wasser, Luft, Äther) mitteilen und sich in ihm ausbreiten. Jeder Punkt des Mediums wird also nach und nach dieselben Zustandsänderungen erleiden, die das Erregungszentrum durchlaufen hat, nur um so mehr verspätet, je entfernter er vom Zentrum gelegen ist; wir sprechen dann von einer fortschreitenden Welle. Schreitet man vom Erregungszentrum aus mit der Welle fort, so werden sich die Zustände innerhalb bestimmter aneinander grenzender Strecken gleicher Länge wiederholen; die Größe dieser Strecken bezeichnet man als die Wellenlänge der fortschreitenden Welle.

Bei den elektromagnetischen Schwingungen im besonderen handelt es sich um periodische Störungen im elektrischen Zustand des Äthers von irgendeinem Energiezentrum aus, mit denen magnetische Feldänderungen Hand in Hand gehen. Die Anwendung dieser Theorie der elektromagnetischen Störungen auf die Optik war von Maxwell mathematisch formuliert worden, und in der Tat konnte seine elektromagnetische Lichttheorie die optischen Erscheinungen ebenso gut beschreiben, wie es die bis dahin geltende elastische Theorie vermochte, die jedoch im Laufe der Zeit manche neu auftretenden Erscheinungen nicht erklären konnte und daher Ergänzungen bedurfte.

Ihre Hauptstütze fand die elektromagnetische Theorie in der Übereinstimmung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit elektromagnetischer Störungen im Vakuum mit der Lichtgeschwindigkeit im Vakuum (300 000 km in der Sekunde), was den Schluß nahelegte, daß das Licht eine elektromagnetische Erscheinung sei. Zur Herrschaft konnte die Theorie nur gelangen, wenn es möglich war, zu zeigen, daß die Ausbreitung elektromagnetischer Zustandsänderungen in dem Raum wirklich wellenförmig mit einer endlichen Ausbreitungsgeschwindigkeit erfolgte. Dieser Schlußstein hat, wie eingangs erwähnt, Hertz zu diesem Gebäude gefügt. Die Entsendung von Wellen durch einen der von Hertz in recht einfacher Weise gebauten Erreger oder durch einen modernen Sender der drahtlosen Telegraphie, wie ihn Hertz gar nicht geahnt hat, und die Ausstrahlung von Licht, gleichgültig welcher Farbe, durch leuchtende Körper, erschienen also als physikalisch vollkommen gleichartige Vorgänge. Hertz konnte daher in seiner oben-

erwähnten Rede fortfahren: „Die Herrschaft der Optik beschränkt sich nicht mehr auf Ätherwellen, welche Bruchteile eines Millimeters messen, sie gewinnt Wellen, deren Längen nach Dezimetern, Metern und Kilometern rechnen.“ Der Unterschied besteht nur in der verschiedenen Länge der ausgestrahlten Wellen und demgemäß auch in der Größe der als Strahlungsquelle dienenden Gebilde.

Auf die Frage nach der Art der Erregung der Schwingungen in einem Leuchtkörper soll nicht eingegangen werden, da sie sich nur durch nicht genügend erhärtete Annahmen beantworten läßt.

Was die Erzeugung der Hertzschen Wellen — also der elektromagnetischen Schwingungen im engeren Sinne — angeht, so war sie, wie bereits oben angedeutet, recht einfacher Art; wurden doch Schwingungen erzeugt, die bereits nach 10—20 Schwingungen auf einen verschwindend kleinen Bruchteil ihres Anfangswertes herabgesunken waren; es waren gedämpfte Schwingungen. Später hat man auch Systeme ersonnen, um langdauernde Schwingungen von gleichbleibender Amplitude, also ungedämpfte Schwingungen zu erzeugen, worauf aber an dieser Stelle nicht näher eingegangen werden kann.

Außer diesen Strahlungserscheinungen, dem Licht und den elektrischen Schwingungen, gab es aber noch eine Reihe weiterer und es wurden deren in der Folgezeit noch mehr entdeckt, die von vornherein nicht mit der Maxwellschen Theorie in Einklang zu bringen waren.

Bereits 1800 hatte Herschel gezeigt, daß auch jenseits des roten Endes des sichtbaren Spektrums Strahlen vorhanden seien, die ein empfindliches Thermometer zu erwärmen vermochten. Es dauerte aber sehr lange, bis die heute selbstverständliche Überzeugung von der physikalischen Identität der Wärme- und der Lichtstrahlen sich Bahn brach und man einsah, daß die Wärmestrahlen Lichtstrahlen großer Wellenlänge sind und sich vom Licht nur durch eine verschiedene physiologische Wirkung unterscheiden. Die Hertzschen Versuche ordneten auch diese Strahlen der elektromagnetischen Strahlung unter, zu der sich dann auch die ultravioletten Strahlen der kurzwelligen Seite des sichtbaren Spektrums gesellten.

Weiterhin entdeckte man in Entladungsröhren eine neue Art von Strahlen, die man Kathodenstrahlen nannte. Wir wissen heute, daß wir es bei den Kathodenstrahlen mit negativ geladenen Teilchen von äußerst geringer Masse zu tun haben. Sie sind magnetisch und elektrisch ablenkbar und bewegen sich meist mit einer großen Geschwindigkeit, die die Lichtgeschwindigkeit nicht erreicht. In dem Kathodenstrahlrohr hat man nun noch eine Strahlengattung entdeckt. Es sind das die von Goldstein zuerst nachgewiesenen Kanalstrahlen, die unter geeigneten Bedingungen auf der Rückseite der Kathode entstehen, und denen man aus ihren Eigenschaften, ebenfalls magnetisch und elektrisch ablenkbar zu sein, und aus dem Sinne der Ablenkung eine positive Ladung zuschreiben mußte.

Beide Arten von Strahlen sind also wesentlich von den Strahlen elektromagnetischer Natur verschieden und ihnen nicht unterzuordnen. Dagegen vermögen sie beim Auftreffen auf gewisse Mineralien diese zu lebhafter Fluoreszenz zu erregen. So fluoresziert z. B. der an und für sich farblose Dolomit intensiv gelb-rötlich, die Koralle zeigt eine schöne violette Fluoreszenz. Die Fluoreszenz des Willemits (Zinksulfat) und des Scheelits (wolframsaures Kalzium) ist allgemeiner bekannt, da man diese beiden Mineralien als Hauptsubstanzen für Leuchtschirme zum Nachweis dieser Strahlen verwendet.

Nun erzeugen Kathodenstrahlen, wenn sie auf gewisse Körper auftreffen, nicht nur Fluoreszenz, sondern auch Röntgenstrahlen; wurde doch als Ursprungsort der Röntgenstrahlen zuerst die Glaswand der Kathodenstrahlröhre entdeckt und bald darauf nachgewiesen, daß eine Reihe von Metallen wirksamere Erreger für Röntgenstrahlen sind, wenn Kathodenstrahlen auf sie auftreffen. Was lag da näher, als eine enge Verwandtschaft zwischen den Lichtstrahlen und den Röntgenstrahlen zu vermuten. Und tatsächlich wurde diese Verwandtschaft auch einwandfrei und lückenlos nachgewiesen, so daß wir heute mit Sicherheit den Röntgenstrahlen eine bestimmte Wellenlänge zuschreiben können, die allerdings hunderttausendmal kleiner ist, als die kürzeste Wellenlänge des sichtbaren Lichtspektrums.



Die Versuche, ob auch der umgekehrte Vorgang möglich sei, ob also Körper, die durch irgendwelche Mittel zur Fluoreszenz gebracht werden, Kathodenstrahlen aussenden, führten zur Entdeckung der Radioaktivität. Ihr Entdecker, Becquerel, wurde durch Röntgens Entdeckung angeregt, fluoreszierende Substanzen auf Strahlung zu untersuchen und fand, daß Uran und seine Salze dauernd und unabhängig von vorhergehender Belichtung eine Strahlung aussenden, welche photochemische Wirkungen auszuüben vermag und die Luft ionisiert. Wir wissen heute, daß wir es bei den radioaktiven Erscheinungen mit einem Zerfall von Atomen zu tun haben, und daß drei verschiedene Strahlensorten — das begrenzte Thema verbietet näher darauf einzugehen — nachgewiesen wurden, die α-, β- und γ-Strahlen. Obwohl meistens alle drei Strahlengattungen gemeinsam auftreten, so können sie doch vermöge ihrer verschiedenen Eigenschaften leicht getrennt werden. α- und β-Strahlen sind magnetisch und elektrisch ablenkbar; die letzten führen negative Ladungen mit sich, sind also mit den Kathodenstrahlen zu identifizieren; die α-Strahlen sind in eine Parallele mit den Kanalstrahlen zu stellen, da sie sich als Strahlen von positiv geladenen Teilchen erwiesen. Die γ-Strahlen werden auf Grund gleicher Eigenschaften, wie Durchdringungsfähigkeit, Fehlen der Ablenkung durch magnetisches und elektrisches Feld und Ionisierung der Luft mit den Röntgenstrahlen in Parallele gestellt. Man schreibt ihnen auch eine bestimmte Wellenlänge zu, spricht sie also als Ätherschwingungen an, doch muß die Wellenlänge kleiner sein als die der Röntgenstrahlen; es fehlt noch der strenge experimentelle Beweis, die Schlüsse wurden bisher auf indirektem Wege gezogen.

Im folgenden sind die bisher besprochenen bekannten Strahlengattungen in einer übersichtlichen Tabelle zusammengestellt.

1. Strahlen vom Wellencharakter.

Gemeinsam ist ihnen: die Fortpflanzungsgeschwindigkeit 3.10^{10} cm/Sek.

Art	Wellenlänge	Ursprung
Hertzsche Wellen	10000 m bis 6 mm	Entladungen (drahtlose Telegraphie
Wärmestrahlen (Ultrarote Strahlen)	0.5 mm bis 0.0008 mm	Heiße Körper
Lichtstrahlen (Sichtbares Spektrum)	0.0008 mm bis 0.0003 mm	Glühende Körper
Ultraviolette Strahlen	0.0003 mm bis 0.0001 mm	Weißglühende Körper Quecksilberlampe
Röntgenstrahlen	0.000000005 mm bis 0.000000001 mm	Bei Auftreffen von Kathodenstrahlen auf feste Körper
γ-Strahlen	Kleiner als 0.000000001 mm	Radioaktive Körper

2. Korpuskularstrahlen.

Gemeinsam ist: magnetische und elektrische Ablenkbarkeit.

	Geschwindigkeit	
	Strahlen von negativ geladenen Teilchen	
β-Strahlen	Bis 3.10^{10} cm/Sek. (Lichtgeschwindigkeit)	Radioaktive Körper
Kathodenstrahlen	Bis 2.10^{9} cm/Sek.	Elektrische Entladungen in Vakuumröhren
	Strahlen von positiv geladenen Teilchen	
α-Strahlen	etwa 1/20 Lichtgeschwindigkeit	Radioaktive Körper
Kanalstrahlen	10^{7} cm bis 10^{8} cm	Elektrische Entladungen in Vakuumröhren

Wir haben danach zwei große Gruppen zu unterscheiden, einmal die Strahlen vom Wellencharakter, bei denen die Fortpflanzungsgeschwindigkeit, 300000 km in der Sekunde, die gleiche ist, und denen die Eigenschaften der Reflexion, der Beugung, der Interferenz gemeinsam sind. In diese Gruppe gehören die Hertzschen elektromagnetischen Wellen, die Wärmestrahlen, die sichtbaren Lichtstrahlen, die ultravioletten Strahlen, sowie nunmehr auch die Röntgenstrahlen und die γ-Strahlen. Die Tabelle läßt die Wellenlänge der einzelnen Strahlen sowie ihre Entstehung erkennen.

Die zweite Hauptgruppe bilden die Korpuskularstrahlen. Ihnen ist die Ablenkung durch magnetische und elektrische Felder gemeinsam. In die Unterabteilung der Strahlen von negativ geladenen Teilchen gehören nach dem Gesagten die β-Strahlen und die Kathodenstrahlen. Die α-Strahlen und die Kanalstrahlen bilden die zweite Unterabteilung, die Strahlen von positiv geladenen elektrischen Teilchen. Die Tabelle gibt auch die Art der Entstehung an, sowie die Geschwindigkeiten, mit der sich die Korpuskeln in der Strahlungsrichtung fortbewegen. Die Gruppe der Korpuskularstrahlen scheidet aus unseren weiteren Betrachtungen aus.

Die Analyse der Strahlung elektromagnetisch schwingender Systeme ist in vieler Beziehung von äußerster Wichtigkeit. So hat die von Kirchhoff und Bunsen begründete Analyse der Strahlung leuchtender Körper neue Gebiete der Forschung erschlossen. Eine solche Spektralanalyse in weiterem Sinne ist ebenso für die genauere Definition der einzelnen Strahlengruppen von Bedeutung.

Die verschiedenen Methoden der Strahlungsanalyse sind prinzipiell fast alle im ganzen Bereich des elektromagnetischen Spektrums anwendbar, wenngleich es zweckmäßig sein wird, der einen oder anderen Methode in einzelnen Bereichen den Vorzug zu geben. Man hat sie auch in der Tat für verschiedene Bereiche anzuwenden gesucht und es gelang auch, nahezu alle wichtigeren optischen Versuche mit Hilfe der eigentlichen elektrischen Wellen nachzuahmen. So wurden die Brechung und die Konzentration der elektrischen Strahlen nachgewiesen, ferner Interferenzerscheinungen mit einer der bekannten Fresnelschen Spiegelmethode entsprechenden Anordnung. Auch der Nachweis der Reflexion und der Polarisation glückte. Im großen und ganzen waren also Prisma und Beugungsgitter — nur in anderen, größeren Dimensionen — die Hilfsmittel, die der Optik entnommen wurden. Andererseits fanden die klassischen Hertzschen Versuche ein Gegenstück in ihrer Übertragung auf die Optik, womit die völlige Analogie hergestellt war.

Konnte somit die elektrische Strahlung ebenso zerlegt werden, wie es bei der Spektralanalyse leuchtender Körper möglich war, so wurden auch Methoden zur qualitativen und quantitativen Untersuchung der zerlegten Strahlung ersonnen.

Im Gebiet der Hertzschen Schwingungen hat man besondere Resonatoren, die auf die Schwingungen ansprechen und somit die ausgestrahlte Wellenlänge genau bestimmen, was z. B. bei den Empfangsstationen der drahtlosen Telegraphie von äußerster Wichtigkeit ist.

Die Schwingungen im Lichtspektrum werden von der Netzhaut unseres Auges wahrgenommen. Die Zapfen der Netzhaut wirken also hier als Resonatoren. Am stärksten wird das Auge von Gelb beeinflußt, da hier die größte Helligkeit im Sonnenspektrum liegt. Seine Erregung nimmt nach dem roten Ende des Spektrums ziemlich stark ab, während sie nach dem blauen und violetten langsamer abnimmt.

Die Wärmewirkung mißt man mit Thermometern oder den empfindlicheren Thermoelementen und Bolometern. Sie hat ihren Höchstwert auf der Grenze zwischen Rot und Gelb. Die quantitative Untersuchung des kurzwelligen Spektrums, auf das das Auge nicht mehr reagiert, erfolgt auf photochemischem Wege mit Hilfe der photographischen Platte, deren Empfindlichkeit im Gelb beginnt und auch für die äußersten Wellenlängen der Röntgen- und γ-Strahlen vorhanden ist.

Betrachten wir noch einmal den gesamten Bereich des gesamten elektromagnetischen Spektrums in folgender Tabelle, in der die Wellenlänge mit den Wechselzahlen in der Sekunde

zusammengestellt ist. Je kleiner die Wellenlänge, um so größer die Wechselzahl. Die Tabelle zeigt auch, daß noch manche Lücke in diesem Spektrum klafft, wenn auch seit Hertz bis in die jüngste Zeit hinein große Fortschritte gemacht worden sind, von der elektrischen und der optischen Seite her die Lücke zu verkleinern.

	Wechselzahl	Wellenlänge [1])
Weiche Röntgenstrahlen	3.10^{20}	$0,000002.10^{-3}$ mm = 0,02 $\mu\mu$
Ultraviolettes Licht	6.10^{15} = 6000 Billionen	$0,1.10^{-3}$ mm = 100 $\mu\mu$
Ende des sichtbaren Lichts	2.10^{15} = 2000 Billionen	$0,3.10^{-3}$ mm = 300 $\mu\mu$
Natriumlicht	1.10^{15} = 1000 Billionen	$0,6.10^{-3}$ mm = 600 $\mu\mu$
Anfang des sichtbaren Lichts	7.10^{14} = 700 Billionen	$0,8.10^{-3}$ mm = 800 $\mu\mu$
Wärmestrahlen	6.10^{13} = 60 Billionen	10.10^{-3} mm = 10 μ
längster Wärmestrahl	$1,2.10^{12}$ = 1,2 Billionen	500.10^{-3} mm = 500 μ = 0,5 mm
schnellste bekannte elektrische Schwingung	1.10^{11} = 100 Milliarden	6 mm
schnellste von Hertz verwendete Schwingung	10^{9} = 1 Millarde	60 cm
Schwingungen der drahtlosen Telegraphie	10^{6} = 1 Million 10^{5}	600 m 6000 m
Wechselstrom der Kraftzentralen	10^{2}	6000 km

Noch anschaulicher werden vielleicht die Verhältnisse durch Fig. 2.

Auf der horizontalen Geraden ist eine Einteilung nach Millimeter Wellenlänge vorgesehen, und zwar ist die Einteilung so getroffen, daß von der Mitte aus die Graduierung nach Zehner-Potenzen fortschreitet. Wir haben also von der Mitte aus nach links die Wellenlänge 10^1 = 10 mm, 10^2 = 100 mm, 10^3 = 1000 mm usw. Von der Mitte aus nach rechts sind die Wellenlängen kleiner als 1 mm eingetragen, und zwar 10^{-1} = 1/10 mm, 10^{-2} = 1/100 mm usw. Wir haben dann nach der Seite der großen Wellenlängen hin die elektrischen Schwingungen und zwar am äußersten Ende die Schwingungen, die die drahtlose Telegraphie verwendet.

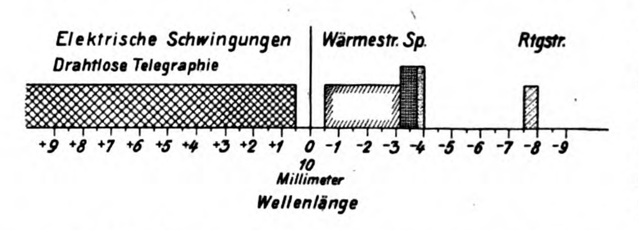


Fig. 2. Wellenlängen des elektromagnetischen Spektrums.

Denken wir uns die Wellenlänge noch größer, d. h. die Wechselzahl kleiner werden, so kommen wir schließlich in das Gebiet der Wechselzahlen für die technischen Wechselströme. Wir sind nach dem allgemein über die Schwingungen Gesagten berechtigt, diese als ungedämpfte Schwingungen anzusehen, deren Wechselzahl etwa 100 in der Sekunde beträgt. Die Periodenzahl ist dementsprechend 50; die Wellenlänge würde 6000 km betragen, ein solcher Wechselstrom wird von den meisten Kraftzentralen geliefert. Schließlich können wir auch den Gleichstrom als Wechselstrom von unendlich großer Wellenlänge ansehen und somit unserem Gesamtspektrum unterordnen.

Auf der rechten Seite ist zwischen 10^{-3} und 10^{-4} mm (1/1000 und 1/10000 mm) das sichtbare Spektrum mit SP bezeichnet; auf der Seite des langwelligen Spektrums, also der roten Strahlen, schließt sich nach links das Gebiet der Wärmestrahlen an, und zwar liegt der bisher bekannte längstwellige Wärmestrahl, den wir Untersuchungen von Rubens verdanken, bei 0,5 mm. Diese langwelligen Wärmestrahlen bezeichnet man als Reststrahlen, weil sie durch

[1]) Man bezeichnet mit $\mu = {}^1/_{1000}$ mm, mit $\mu\mu$ den tausendsten Teil hiervon, also ${}^1/_{1000000}$ mm.

Filtration der Strahlen eines Auerbrenners ausgesondert wurden. Zwischen diesen Wärmestrahlen und der kürzesten elektrischen Schwingung, die man bisher hat herstellen können (sie hat eine Wellenlänge von 3 mm), liegt ein Gebiet, aus welchem augenblicklich eine Strahlenart nicht bekannt ist. Sollte eine solche aber einmal gefunden werden, was absolut nicht ausgeschlossen ist, so wissen wir ganz genau, daß dem Strahl, der diese kleine Wellenlänge hat, die Eigenschaften der Reflexion, der Beugung und der Interferenz zukommen, genau wie den bisher bekannten Wellen der elektrischen Schwingungen oder der Wärmestrahlen. Auf der rechten Seite des sichtbaren Spektrums setzt sich an den blauen und den violetten Teil das schmale Gebiet der ultravioletten Strahlung an, deren Wellenlänge in der Größenordnung von 10^{-4} mm liegt. Wie schon vorher kurz angedeutet, kommt nun auch den Röntgenstrahlen eine bestimmte Wellenlänge zu, und wir werden gleich sehen, auf welche Weise die Wellenlänge bestimmt worden ist. Aus der Abbildung ist zu erkennen, daß das Wellenlängen-Gebiet der Röntgenstrahlen erst in weitem Abstande von den bisher bekannten kürzesten Lichtstrahlen beginnt, und daß dazwischen ein großer Raum liegt, von dem wir augenblicklich gar keine Kenntnis haben.

Die Analogie der Röntgenstrahlen mit den Lichtstrahlen wurde schon sehr zeitig vermutet; sie folgte aus gewissen theoretischen Überlegungen; man konnte sie aber nicht durch das Experiment erhärten. Insbesondere fehlte der Nachweis der Beugung, die man bei den Lichtstrahlen an sogenannten Beugungsgittern zeigt.

Es hat sich beim Studium der Beugung anderer Strahlenarten herausgestellt, daß die Erscheinungen am schönsten auftreten, wenn man Beugungsgitter verwendet, deren Spaltbreite etwa 100 mal so groß ist als die Wellenlänge des zu beugenden Lichtes. Dementsprechend hat man für Lichtstrahlen Beugungsgitter hergestellt, die bis zu 1000 Spaltlinien auf den Millimeter besitzen. Bringt man ein solches Gitter in den Strahlengang eines homogenen Lichtes, das man vorher durch einen engen Spalt hat durchtreten lassen, so sieht man auf einem Projektionsschirm nicht nur die Abbildung dieses Spaltes, sondern rechts und links davon noch eine Anzahl weiterer Spaltbilder, deren Zahl von der Feinheit des Beugungsgitters abhängt. Wendet man z. B. rotes Licht an, so ist bei einem gewissen Beugungsgitter der Abstand der einzelnen Spaltbilder von einer bestimmten Größe. Benutzt man ein Licht aus dem kurzwelligen Teil des Spektrums, z. B. grünes oder blaues Licht, so liegen die Spaltbilder bei demselben Beugungsgitter näher aneinander. Es wird also kurzwelliges Licht weniger stark gebeugt als langwelliges. Man hat somit ein Mittel in der Hand, Strahlengemische mittels dieser Beugungsgitter zu trennen, und in der Tat, wenn man weißes Licht anwendet, werden in den Spaltbildern die einzelnen Strahlensorten getrennt, und man hat rechts und links von der Haupt-Spaltabbildung Spaltbilder, in denen die einzelnen Farben wie beim Regenbogen nebeneinander liegen, und zwar nach dem Obengesagten das blaue Licht nach der Innenseite zu, das gelbe und rote Licht an den Außenseiten.

Für die so überaus geringe Wellenlänge der Röntgenstrahlen würde daher ein solches Beugungsgitter immer noch viel zu grobmaschig sein. Aus der Figur 2 ist sofort zu erkennen, daß es unter den eben genannten Bedingungen gar nicht möglich ist, mechanisch ein Gitter herzustellen, dessen Spaltbreite nur etwa 100 mal so groß ist als die Welle der Röntgenstrahlen. Da kommt nun die Natur selbst zu Hilfe, und es ist das große Verdienst der Herren Laue, Friedrich und Knipping, diesen Weg gewiesen zu haben[1]).

Die genannten Herren gingen von der Voraussetzung aus, daß der regelmäßige Aufbau der Kristalle der Mineralien auf eine symmetrische Gruppierung der sie konstituierenden Moleküle zurückzuführen sei. Man kann sich nun vorstellen, daß dort, wo die unendlich kleinen Grenzflächen der Moleküle aneinander grenzen, ein Gitterwerk, ein sogenanntes „Raumgitter"

---

[1]) Laue, Friedrich und Knipping: Interferenzerscheinungen bei Röntgenstrahlen. Sitzungsberichte der Kgl. Bayer. Akademie der Wissenschaften, München 1912.

Objektiver Befund: Rechte obere Bauchseite schmerzempfindlich. Nüchtern einige Kubikzentimeter Inhalt. Werte 40 freie HCl. 70 Ges.-Az. Säurewerte nach P. F. 68 : 88. Im Stuhl Sanguis negativ, zeitweise Zucker im Urin.

Röntgendurchleuchtung: Unscharfer Antrumteil des Magens. Pylorus nach rechts gezogen; offen. Anstauung im Duodenum. Nach $1^1/_2$ Stunden Befund wie auf Photographie.

Röntgendiagnose: Ulcus duodeni, doppelte Striktur von Dünndarmschlingen (eventuell primärer Gallenblasenprozeß).

Operation 2. XI. 1915: Ulcus callosum hinter dem Pylorus am Pankreaskopf. Stränge, die zur Gallenblase, zum Dünndarm und Colon transversum ziehen. Lösung der Stränge. Schluß des Pylorus (nach Wilms) Gastro-Enterostomie, Heilung.

5. Gasblase über horizontalem Flüssigkeitsspiegel im Duodenum.

Röntgenaufnahme 3. XI. 1915. 5 Minuten nach Baradiolmahlzeit.

Patient M. B. 64a. Frühere Krankheiten o. B. am 25. X. akut erkrankt mit Schmerzen in der Magengegend und Erbrechen, 2 Tage später Gelbfärbung der Haut.

Objektiver Befund: Druckempfindlichkeit der Gegend unterhalb des rechten Rippenbogens.

Röntgendurchleuchtung: Magen o. B., abgesehen von abnorm rascher Entleerung. Duodenum wie auf Photographie.

Röntgendiagnose: Duodenalstrangulation durch pericholezystische Stränge. Operation wurde abgelehnt.

6. Mehrfache Gasansammlung über horizontalem Niveau in stark erweiterten Dünndarmschlingen.

Röntgenaufnahme 8. V. 1915. 5 Stunden nach Baradiolmahlzeit. Die rundliche Baradiolansammlung rechts neben dem Nabel entspricht dem erweiterten Duodenum. Die Querfalten der Dünndarmwand sind außerordentlich deutlich zu erkennen.

Patient J. K. 60a. Seit 8 Jahren öfters Aufstoßen und Erbrechen. Seit $^1/_2$ Jahre krampfartige Schmerzen im Leib, besonders nachts. Stuhlverstopfung. Gurren im Leib.

Objektiver Befund: Mäßige Auftreibung des Abdomens, rechts vom Nabel Druckempfindlichkeit. Durch die dünne Bauchdecke hindurch Darmperistaltik sichtbar.

Röntgendurchleuchtung: Magen nach Form und Lage normal, schon kurz nach der Kontrastfüllung starke Ansammlung im Duodenum. Niveaubildung. Des weiteren noch an mehreren Stellen im Dünndarm Spiegelbildung unter Gas. Nach 5 Stunden Befund wie auf Photographie. Bei weiterer Verfolgung der Passage ergibt sich erneute Anstauung in der rechten Flexur. Wismuteinlauf ergibt ebenfalls Stenose der rechten Flexura coli.

Röntgendiagnose: Stenose in der rechten Flexur (Tuberkulose oder Tumor). Übergreifen peritonitischer Stränge auf Duodenum und verschiedene Dünndarmschlingen mit Strangulation als Folge.

Operation 5. VI. 1915: Faustgroßer Tumor im oberen Teil des Coecums. Ileum streckenweise stark erweitert. Kolon kontrahiert. Am 7. VI. Tot an Peritonitis. Sektion: Tuberkulose des Coecums.

7. Gasansammlung im Dünndarm (rechts vom Nabel), **deutlicher Spiegel im Dünndarm** (links vom Nabel).

Röntgenaufnahme 6. V. 1914. 4 Stunden nach Baradiolmahlzeit.

Patient K. St. 25a. Seit einem Jahre reißende Schmerzen im Leib, seit einem halben Jahre stärkere Schmerzen, besonders nach dem Essen. Erbrechen. In der Nacht besonders heftige Schmerzanfälle, dabei zuweilen Vorwölbung des Leibes an einzelnen Stellen. Seit 4 Monaten täglich Erbrechen, Abmagerung.

Objektiver Befund: Leib weich, nicht druckempfindlich, lautes Gurren, hörbar, sichtbare Peristaltik.

Röntgendurchleuchtung: Magen normal, im Dünndarm stellenweise Gasansammlung, horizontale Einstellung der Kontrastfüllung unter Gasaufhellung (wie auf Photographie), Coecum mangelhaft gefüllt.

Röntgendiagnose: Ileocoecaltuberkulose mit Erweiterung und teilweiser Strangulation des Dünndarmes.

Operation 18. V. 1914. Stenose des Dünndarmes nahe des Coecums durch tuberkulöses Ulcus. Resektion, Anastomosis Ileocolica.

8. Totalaufnahme vom Abdomen. Enorme Blähung sämtlicher Darmteile. Flüssigkeitsschatten in vierfachem verschieden hohem Horizontalniveau eingestellt.

Röntgenaufnahme 12. VIII. 1915.

Patient J. K. 14a. Seit 14 Tagen Krankheitsgefühl, Erbrechen, Durchfälle. Seit 8 Tagen starke Schwellung des Leibes.

Objektiver Befund: Inanition, starke Schwellung des Leibes, Lungen o. B., Abdomen gespannt, in den mittleren Partien Tympanie, in den Seiten Dämpfung, Plätschern hörbar, Darmschlingen durch die Bauchdecke hindurch sichtbar.

Röntgendurchleuchtung zeigt Befund wie Photographie. Außerdem erkennt man, wie sich beim Neigen des Rumpfes die verschiedenen Flüssigkeitsspiegel immer horizontal einstellen. Bei ruckweiser Bewegung Wellenbewegung aller 4 Spiegel. Es gelingt in keiner Stellung, aus einer Kammer Flüssigkeit in eine andere überfließen zu lassen.

Röntgendiagnose: Stenosierung von Darmschlingen, enorme Dilatation der vor den Stenosen gelegenen Darmabschnitte. Ätiologie, wahrscheinlich Darm- oder Peritonealtuberkulose (vielleicht abgekammerter Aszites). Am 20. VIII. Auftreten von akutem Ileus und Verlegung auf die chirurgische Klinik.

Operation: Medianschnitt, Abfließen von ca. 1 l Aszites, Karzinom der linken Flexur mit fast vollkommenem Verschluß des Darmlumens. Enorme Dilatation von Dünn- und Dickdarm, Colon transversum über armdick. Anlegung eines Anus präter. In zweiter Sitzung Resektion der karzinomatösen Flexur. Zurzeit noch Anus präter, Wohlbefinden.

9. Große Kolonblase. Milz dicht unter der linken Zwerchfellkuppe deutlichst zu erkennen. Magen mit Kontrastspeise gefüllt, ptotisch, in den oberen Partien nach rechts gedrängt.

Röntgenaufnahme 8. VI. 1915.

Patient J. H. 36a. Druckgefühl in der Magengegend nach dem Essen.

Objektiver Befund: Nichts Deutliches.

Röntgendurchleuchtung wie Photographie.

Röntgendiagnose: Ptose des Magens, abnorme Kolonblähung.

10. Abnorm starke Gasblähung der linken Flexur und des Colon descendens. Milzschatten seitlich vom Kolon, Magen nach rechts, Zwerchfell nach oben gedrängt.

Röntgenaufnahme 5. X. 1915.

Patient R. R. 20a. Klagt über Herzklopfen, Brustschmerzen.

Objektiver Befund: Lungen und Herz o. B. Bei Röntgendurchleuchtung Kolonblähung als Nebenbefund.

11. Enorme Gasblähung der linken Flexur und des Colon descendens. Magen nach rechts, Zwerchfell nach oben gedrängt.

Röntgenaufnahme 3. XI. 1915.

Patient K. K. 26a. Klagt über Kreuzschmerzen und Druckgefühl im Leib.

Objektiver Befund: Subazidität, mäßige Ptose.

Röntgendurchleuchtung zeigt Befund wie Abbildung.

Röntgendiagnose: Ptose des Magens, enorme Kolonblähungen.

12. Unterer **Leberrand** deutlich **über geblähtem Colon transversum** zu erkennen. Zwerchfellhochstand über Magen und Kolonblase.

Röntgenaufnahme 22. XI. 1915.

Patient M. N. 37a. Klagt über Stiche im Rücken und in der linken Seite.

Objektiver Befund: Hochstand und mangelnde Beweglichkeit des linken Zwerchfelles.

Röntgendurchleuchtung wie Photographie. Außerdem schlechte Beweglichkeit des linken Zwerchfelles.

13. Sehr starker Hochstand des linken Zwerchfelles. Zwerchfellinie scharf hervortretend, darunter stark geblähtes Kolon, Herz nach rechts gedrängt.

Röntgenaufnahme 15. X. 1915.

Patient G. M. 40a. Kommt wegen „Lungenspitzenkatarrh" zur Untersuchung.

Objektiver Befund: Schall über der rechten Spitze verkürzt.

Röntgendurchleuchtung: Rechte Spitze enger und dunkler. Zwerchfellhochstand wie auf Photographie als Nebenbefnnd.

Röntgendiagnose: Eventratio diaphragmatica.

14. Enormer Zwerchfellhochstand links, sehr stark geblähtes Kolon unter dem Zwerchfell, Herz nach rechts gedrängt (Magen mit Kontrastspeise gefüllt).

Röntgenaufnahme 17. IV. 1913.

Patient M. A. 57a. Seit 5—6 Jahren Spannen in der rechten Leibseite, namentlich beim Bücken, im Anfang Erbrechen, später nur Spannungsgefühl, wenn sie mit Nahrungsaufnahme vorsichtig war.

Vereine und Kongresse.

Bücherbesprechungen. Soziales.

Band XXIV Ausgegeben am 18. Mai **Heft 1**

Fortschritte

auf dem Gebiete der

Röntgenstrahlen

Unter Mitwirkung von

Prof. Dr. v. **Bergmann** in Altona, Staatsrat Prof. Dr. v. **Bruns** in Tübingen, Dr. **Christen** in München, Geh. Med.-Rat Prof. Dr. **Czerny** in Heidelberg, Prof. Dr. **Deneke** in Hamburg, Prof. Dr. **Deycke** in Lübeck, Prof. Dr. **Eberlein** in Berlin, Dr. **G. Forssell** in Stockholm, Prof. Dr. **Forster** in Bern, Prof. Dr. **Eugen Fraenkel** in Hamburg, Prof. Dr. **L. Freund** in Wien, Geh. Med.-Rat Prof. Dr. **Friedrich** in Marburg, Prof. Dr. **Gocht** in Berlin, Prof. Dr. **Grashey** in München, Dr. **Groedel** in Frankfurt a. M., Prof. Dr. **Grunmach** in Berlin, Oberarzt Dr. **Haenisch** in Hamburg, Prof. Dr. **Holzknecht** in Wien, Dr. **Immelmann** in Berlin, Prof. Dr. **Kienböck** in Wien, Prof. Dr. **Klieneberger** in Zittau, Prof. Dr. **A. Köhler** in Wiesbaden, Prof. Dr. **Kölliker** in Leipzig, Prof. Dr. **P. Krause** in Bonn, Geh. San.-Rat Prof. Dr. **Kümmell** in Hamburg, Prof. Dr. **Küttner** in Breslau, Stabsarzt a. D. **Lambertz** in Berlin, Prof. Dr. **Levy-Dorn** in Berlin, Dr. **Lorey** in Hamburg, Prof. Dr. **Ludloff** in Breslau, Geh. Med.-Rat Prof. Dr. **Oberst** in Halle, **G. E. Pfahler**, M. D. in Philadelphia, Geh. Med.-Rat Prof. Dr. **Riedel** in Jena, Prof. Dr. **H. Rieder** in München, Prof. Dr. **Rumpf** in Bonn, Generalstabsarzt Prof. Dr. v. **Schjerning** in Berlin, Dr. **H. E. Schmidt** in Berlin, Prof. Dr. **F. Schultze** in Bonn, Hofrat Prof. Dr. **Sick** in Hamburg, Generalarzt Dr. **Stechow** in Berlin, Geh. Med.-Rat Prof. Dr. **Tillmanns** in Leipzig, Prof. Dr. **Voller** in Hamburg, Prof. Dr. **Walter** in Hamburg, Prof. Dr. **Wertheim-Salomonson** in Amsterdam und Stabsarzt Dr. **Winkler** in Ingolstadt

herausgegeben von

Professor Dr. Albers-Schönberg

Hamburg

Lucas Gräfe & Sillem

(Edmund Sillem)

1916

Die Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen erscheinen bei Lucas Gräfe & Sillem in Hamburg, Kaiser-Wilhelm-Strasse 82 I, in Bänden von je 6 Heften. Abonnementspreis 30 Mark pro Band.

Inhalt.

Sachregister.

Literatur-Register der Fortschritte 1897—1907 in Band XI. (Sep.-Abdruck Preis M. 1.—.)

Namenregister (ein * bedeutet Originalartikel).

(Fortsetzung auf Seite 3 des Umschlages.)

Aus der Medizinischen Universitätsklinik Straßburg i. E. (Direktor: Prof. Dr. Erich Meyer).

Über die röntgendiagnostische Bedeutung normaler und abnormer Gasansammlung im Abdomen.

Von

Dr. **Alfred Weil,** Leiter der Röntgenabteilung der Klinik.

(Hierzu 22 Bilder auf Tafel I—III.)

Die Deutlichkeit, mit der sich ein Organ durch die Röntgenmethode darstellen läßt, hängt ab von dem Verhältnis seiner spezifischen Dichte zu der seiner Umgebung, mit anderen Worten, von der Stärke des Kontrastes, mit dem es sich von seiner Umgebung abhebt. Wo von Natur aus stark kontrastierende Organe aneinander grenzen, bieten sich der Darstellung im Röntgenbilde günstige Verhältnisse. So z. B. im Thorax, wo das Herz und die großen Gefäße als kompakte Organe kontrastreich in die lufthaltigen Lungen eingebettet sind. So in den Lungen selber, wo sich alle mit Verminderung des Luftgehaltes einhergehende Prozesse deutlich von dem umgebenden noch lufthaltigen Gewebe abheben. Anders, d. h. ungünstig sind die Vorbedingungen für röntgenologische Untersuchungen im Abdomen. Hier sind Leber, Milz, Nieren, überhaupt alle Baucheingeweide und die chylushaltigen Därme von ungefähr gleicher Dichte und lassen sich daher ohne weiteres im Röntgenbilde nicht unterscheiden. Erst durch die Einführung sogenannter Kontrastmittel ist es gelungen, die röntgenologische Untersuchung der Bauchorgane zu praktischer Verwertbarkeit auszugestalten. Hierher gehört die Verabreichung von wismut- oder bariumhaltigen Speisen, um Magen- und Darmtraktus sichtbar zu machen, ebenso die Wismuteinläufe in den Darm. Ferner die Einführung von Sauerstoff oder Collargol in Ureter, Nierenbecken und Blase, um die Untersuchung dieser Organe mit der Röntgenmethode auf breitere Grundlage zu stellen.

In letzter Zeit ist man auch dazu übergegangen, durch Aufblasen des Kolons vom Rektum aus oder durch Einführen von Sauerstoff in die freie Bauchhöhle Bedingungen zu schaffen, die eine Beurteilung der Bauchorgane auf röntgenologischem Wege gestatten [Weber (1), Löffler (2), Meyer-Betz (3), Rautenberg (4)]. Den Anstoß zu diesem letztgenannten Verfahren mag die Beobachtung gegeben haben, daß in manchem Falle, wo sich natürlicherweise Gasansammlung in den Darmschlingen findet, die Untersuchung einzelner Teile des Abdomens mit gewünschter Deutlichkeit möglich ist. Dieser Fall tritt ein, wenn die normalerweise in geringer Menge vorhandenen Darmgase vermehrt sind oder sich in vermehrtem Maße an zirkumskripter Stelle des Darmes ansammeln. Wenn man regelmäßig darauf achtet, wird man finden, daß die Zahl der Fälle, in denen ein mehr oder weniger starker Meteorismus — röntgenologisch gesprochen — Licht in das Dunkel des Abdomens wirft, gar nicht klein ist und ich glaube, daß die Betrachtung einer größeren Zahl derartiger Fälle geeignet ist, diagnostisch wertvolle Punkte zutage zu fördern. Die nächstliegende Frage wäre die, ob die Diagnose des Meteorismus selbst aus der Röntgenmethode Vorteil zieht und ob der Nachweis von Gasansammlung an abnormer Stelle diagnostisch verwertbar ist. Weiter wäre zu erörtern, ob unsere Kenntnis über Lage, Form und Funktion einzelner Bauchorgane durch derartige auf natürlichem Wege kontrastreich gewordener Bilder des Abdomens gefördert wird. Hierbei wäre nicht nur die Beurteilung der gashaltigen Darmteile selber zu berücksichtigen, sondern vor allem auch die der angrenzenden

Organe, deren Umrisse, wie aus den eingangs gemachten Bemerkungen ja hervorgeht, durch Kontrastwirkung an Deutlichkeit gewinnen.

Die natürliche Blähung der Därme hat dabei, abgesehen davon, daß sie von dem Untersuchten nicht als unangenehmer Eingriff empfunden wird, gegenüber der künstlichen, speziell für den Zweck einer Röntgenuntersuchung vorgenommenen, den Vorteil, daß sie in einzelnen Fällen zu einer so hochgradigen Ausdehnung der Darmschlingen führt, wie wir sie absichtlich zum Zwecke einer Untersuchung niemals vorzunehmen wagen dürften. Gerade solche Fälle aber beleuchten in außerordentlich deutlicher Weise Erscheinungen, die durch übermäßige Ausdehnung eines Organes infolge Druck auf seine Umgebung und Verdrängung benachbarter Organe zustande kommen. Die daraus gewonnenen Erfahrungen liefern uns für die Beurteilung gewisser Krankheitsbilder und zur Vermeidung von Fehldiagnosen wichtige Anhaltspunkte.

Über die Frage der Röntgendiagnose des Meteorismus enthalten die eingangs gemachten Bemerkungen über Kontrastreichtum des Röntgenbildes bereits den Hinweis, daß die Bedingungen für den Nachweis auch kleiner Gasmengen im Abdomen ideale sind. Im allgemeinen werden wir allerdings zur Erkenntnis dessen, was wir klinisch unter Meteorismus verstehen, der Röntgenmethode nicht bedürfen, da Inspektion und Perkussion uns hierbei genügend Aufklärung verschaffen. Fassen wir den Begriff aber weiter und ist es uns um den Nachweis auch kleiner, nur durch die Stelle ihres Vorkommens pathologischer Gasmengen zu tun, so wird sich die Röntgenmethode bereits überlegen zeigen. Handelt es sich gar um die Feststellung des Darmabschnittes, in dem anormale Gasansammlung vorhanden ist, oder um die Entscheidung, ob vorhandenes Gas sich innerhalb der Darmschlingen oder in der freien Bauchhöhle befindet, so führt die Röntgenmethode allein sicher zum Ziel.

Nachdem soeben erwähnt wurde, daß unter Umständen der Nachweis von Gas allein dadurch wichtig werden kann, daß er sich an abnormaler Stelle findet, ist weiteren Erörterungen die Angabe darüber vorauszuschicken, wo normalerweise nach aus dem Röntgenbilde gewonnener Kenntnis Gas im Intestinaltraktus vorkommt. In Übereinstimmung mit dem physiologischen Vorgang der Darmfäulnis sehen wir das Vorkommen der eigentlichen Darmgase auf den Dickdarm beschränkt. Als röntgenologisch ihnen gleichwertig ist aber die Magenblase zu erwähnen, bei der es sich um verschluckte Luft handelt. Sie fehlt so gut wie nie. Im Dünndarm sehen wir normalerweise weder verschluckte Luft noch eigentliches Darmgas. Im Dickdarm bilden die beiden Flexuren für die Ansammlung von Gasen Prädilektionsstellen. Bis zu welchem Grade im Magen, den beiden Flexuren oder an anderer Stelle des Dickdarmes Gasansammlung als normal zu bezeichnen ist, dürfte in weiten Grenzen Schwankungen unterliegen, vor allem auch von der Art der Ernährung abhängen. So kann es kein Zufall sein, daß sich gerade im letzten Jahre, dem Jahre des reichlicher gasbildenden Kriegsbrotes, die kontrastreichen Abdomenbilder in der Sammlung der Klinik in bemerkenswerter Weise gehäuft haben.

Folgen wir bei der Besprechung von Einzelheiten dem Verlaufe des Verdauungskanals, so ist zunächst von der im Magen befindlichen Luft zu erwähnen, daß sie unter der medialen Hälfte der linken Zwerchfellkuppe als ovale pflaumen- bis eigroße Blase zu finden ist. Ihre Größe wechselt mit dem Füllungsgrade des Magens; bei Nahrungsaufnahme wächst sie infolge der mitverschluckten Luft und nimmt dann mehr kugelige Gestalt an. Auch im nüchternen Magen ist sie fast ausnahmslos vorhanden. Höchstwahrscheinlich kommt ihr eine physiologische Bedeutung zu, die darin zu suchen wäre, die für den Übertritt des Mageninhaltes in den Darm wichtigen Druckverhältnisse im Mageninnern zu regulieren. In diesem Zusammenhange möchte ich anführen, daß ich in zwei Fällen von Rumination eine ganz bedeutende Vergrößerung der Magenblase beobachtet habe. Es scheint mir nicht unwahrscheinlich, daß die Ruminanten von der hierdurch bedingten Drucksteigerung, besonders bei Zuhilfenahme der Bauchpresse, beim Ruminationsakt Gebrauch machen. Übermäßiges Verschlucken von Luft — Aërophagie — dürfte in diesen, wie in den weitaus meisten Fällen von abnorm großer Magenblase der Anlaß zu der pathologischen Ausdehnung sein (Tafel I, Fig. 1). Als viel seltenere Ursache für über-

mäßige Magenblase kommt eine Gasbildung im Magen selbst infolge pathologischer Zersetzung seines Inhaltes (Gärung) in Frage. Da es sich hierbei meistens um Stauung des Mageninhaltes durch Pylorusstenose und sekundäre Magenektasie handelt, kann die Ausdehnung der Magenblase ganz enorme Grade erreichen, so daß sie die ganze linke Zwerchfellkuppe unter starker Hochdrängung derselben erfüllt.

Sieht man die Magenblase, wie z. B. in Abbildung 1, sich über dem horizontal eingestellten Flüssigkeitsspiegel des Mageninhaltes wölben, so ist sie ohne weiteres als dem Magen angehörig zu erkennen. Ist der Magen aber leer oder nur wenig gefüllt, so ist es nicht immer leicht, die Magenblase im Röntgenbilde von der Kolonblase (linke Flexur) zu unterscheiden, oder, wenn beide vorhanden sind, sie von dieser zu trennen. Meistens ist die Innenwand der Magenblase ganz glatt, während an der Innenseite des Kolons die Schatten der Tänien und Haustren auch bei starker Ausdehnung noch zu erkennen sind. Die Magenblase läuft gewöhnlich zapfenförmig medianwärts nach unten aus, während Gas im Kolon mehr lateral beckenwärts zu verfolgen ist. Im Zweifelfalle kann ein Schluck Kontrastspeise oder die eingeführte Sonde die Entscheidung bringen. Da beide Blasen in ihrer Beziehung zum Zwerchfellstand von gleicher Bedeutung sind, kann diese Entscheidung, ob Magen oder Kolon der geblähte Teil ist, wichtig werden. Hierüber wird später noch zu berichten sein.

Der Dünndarm ist unter normalen Verhältnissen frei von jeder Gasansammlung, auch solcher kleiner Magen. Die im Magen befindliche Luft entweicht der Hauptsache nach durch den Ösophagus (Ruktus), oder wird, wenn in den Dünndarm übergetreten, infolge der Peristaltik schnell durch ihn hindurch befördert. Nur bei erschwerter Dünndarmpassage kommt es zu Stauungen und Ansammlung erkennbarer Gasmengen. Läßt sich daher eine Gasblase mit Sicherheit in den Dünndarm lokalisieren, so ist hierdurch ein sicherer Anhalt für eine Einengung des Darmlumens gegeben. Die Zugehörigkeit einer Gasblase zu einem bestimmten Teil des Darmes läßt sich natürlich nur bei gleichzeitiger Füllung des Darmes mit Kontrastspeise unter Berücksichtigung der seit Einnahme der Speise verflossenen Zeit erkennen. Da nun die Passageschwierigkeit für gas- und breiförmigen Darminhalt in gleicher Weise besteht, ist das unter diesen Bedingungen zu beobachtende Bild dadurch besonders charakterisiert, daß sich die Gasblase über horizontal eingestelltem Flüssigkeitsspiegel zeigt. Bei dem hierdurch entstehenden, besonders kräftigen Kontrast — helle Gasblase über dunklem, scharf begrenztem horizontalem Flüssigkeitsschatten — brauchen die gestauten Mengen nicht einmal groß zu sein, um ein deutliches Bild zu liefern. So genügt ein an und für sich geringer Befund, dadurch, daß er typisch ist, zur Erkennung einer Einengung des Darmlumens. Die pathologisch-anatomische Ursache zu solchen Verengerungen geben ulzeröse Prozesse der Darmwand, die zu narbiger Striktur, oder peritonitische des Darmüberzuges, die zur Strangulation des Darmlumens führen. In erster Linie ist hier das Ulcus duodeni zu nennen. Mehrfach wurde ich durch einen Befund, wie ihn die Abbildungen 2, 3, 4 u. 5 (Tafel I) zeigen, auf die Diagnose eines Ulcus duodeni hingeleitet oder konnte ein im Magen angenommenes Ulcus in das Duodenum lokalisieren. Dem Röntgenbefund allein ist natürlich nicht ohne weiteres zu entnehmen, ob es sich um eine narbige Striktur oder um Strangulation handelt, da wir im Bilde nur den Effekt, nicht die Ursache erkennen. Oft handelt es sich auch um Kombination beider Faktoren, wenn sich zu dem Ulcus entzündliche Prozesse des peritonealen Darmüberzuges hinzugesellen. Nehmen die letzteren größeren Umfang an, so können anliegende Dünndarmschlingen mit beteiligt werden. So kann man bei Ulcus ventriculi oder duodeni und bei Gallenblasenaffektionen durch perigastritische bzw. pericholezystische Verwachsungen ein- oder mehrfache Strangulation von Dünndarmschlingen beobachten (Abb. 4 u. 5). Findet sich die Bildung eines Flüssigkeitsspiegels unter Gas in weiter abwärts gelegenen Dünndarmschlingen und hier multipel, so kommen als Ursache vor allem tuberkulöse Darmgeschwüre in Frage. Im Röntgenbilde gleich präsentieren sich die Fälle, wo peritonitische Stränge, sei es infolge von Tuberkulose oder von Karzinomatose des Bauchfelles zur Einschnürung des Darmes geführt haben. Den

Typus einer solchen mehrfachen Gasansammlung über flüssigem Darminhalt illustrieren Abb. 6 u. 7. Einen ganz enormen Grad von Gas- und Flüssigkeitsstauung zeigt Abb. 8. Die Blähung der Därme ist hier so hochgradig und so allgemein, daß sich zunächst gar nicht sagen läßt, ob die geblähten Teile Dünn- oder Dickdarmschlingen sind. Die dunklen Schatten, die sich in deutlichem vierfachem horizontalem Niveau zeigen, sind nicht etwa durch Verabfolgung von Kontrastspeise erzeugt, sondern durch Flüssigkeitsansammlung, die spontan im Abdomen stattgefunden hat. Sie imponieren zunächst als Aszites, der durch peritonitische Abkapselung in verschiedenen Kammern zur Ansammlung gekommen sein könnte, doch waren die Spiegel so frei beweglich und zeigten bei Erschütterung der Bauchwand so deutlichen Wellenschlag, daß man zur Annahme kommen mußte, die Flüssigkeit befinde sich direkt unter dem Gas, also im Darm selbst, denn für eine Perforation der Darmwand und Austritt von Gas in die freie Bauchhöhle lag kein genügender Anhalt vor. Klarheit brachte die Operation, bei der ein Karzinom der linken Flexur gefunden wurde mit so hochgradiger Stenose, daß Dünn- und Dickdarm exzessiv stark erweitert waren (vgl. Krankenbericht am Schluß der Arbeit).

Die vorangehende Zusammenstellung von Röntgenbildern des Dünndarms läßt erkennen, daß Gasansammlungen in diesem Darmabschnitt gemeinsam ein so charakteristischer Befund eigentümlich ist, daß er diagnostisch relativ leicht verwertbar ist. Wesentlich schwieriger gestalten sich die Verhältnisse im Dickdarm. Die in diesem Darmabschnitt normalerweise vorhandene Gasmenge schwankt in so weiten Grenzen, daß eine einfache Abschätzung darüber, was noch physiologisch und was pathologisch ist, nicht angeht. Wollte man aus einer durch Gase noch so stark geblähten Kolonschlinge allein auf eine Stenose des Darmes schließen, so wären zahllose Fehlschlüsse die Folge. Als Beispiel zufälliger als Nebenbefund beobachteter Kolonblähungen von ungewöhnlich hohem Grade diene Abb. 9—11 (Tafel II). Die nach einiger Zeit wiederholten Durchleuchtungen in diesen Fällen zeigten das Kolon im wesentlichen wieder kollabiert. Aber auch eine dauernd vorhandene gaserweiterte Schlinge des Kolons darf uns nicht zur Annahme einer Stenose verleiten. Abgesehen davon, daß wir ja im gerade vorliegenden Falle nicht über die Gasbildung orientiert sind, genügen Knickung, Schlingenbildung oder auch muskuläre Trägheit des Dickdarms zum Zustandekommen mächtiger Anstauung seines gasförmigen Inhaltes.

So lassen uns Bilder, wenn sie auch noch so klaren Aufschluß über die Gasfüllung des Dickdarmes geben, für die Beurteilung der in ihm vorhandenen Passageverhältnisse im Stich. Dagegen gewähren sie uns einen bequemen Einblick in die Lageverhältnisse einzelner seiner Teile und lehren uns Erscheinungen verstehen, die im Gefolge des abnorm erweiterten Kolon an Nachbarorganen auftreten.

Es wurde bereits erwähnt, daß es im Verlaufe des Dickdarmes die beiden Flexuren sind, wo die Gase am häufigsten zur Ansammlung kommen. Als Grund hierfür darf neben der mechanischen Wegerschwerung nicht unberücksichtigt bleiben, daß die Flexuren beim Stehen und Sitzen die höchstgelegenen Teile des Dickdarmes sind, also hierhin naturgemäß die spezifisch leichteren Gase steigen. Mit dieser Annahme stimmt überein, daß es von beiden Flexuren die linke ist, die fast ausnahmslos von Gas erfüllt und besonders häufig gedehnt zu beobachten ist, denn sie liegt normalerweise etwas höher als die rechte, und nicht selten ist bei hängendem Colon transversum der Höhenunterschied ein recht beträchtlicher.

Ist die rechte Flexur voller Gas, so hebt sie sich vom dunklen Leberschatten mit aller Deutlichkeit ab. Zeigt sich dazu noch das Colon transversum oder Teile desselben gashaltig, so kommen die Verhältnisse zustande, die eine direkte Betrachtung des unteren Leberrandes ermöglichen (Abb. 12, Tafel II).

Sehr wichtig ist die Kenntnis von Verlagerung der rechten Flexur, auf die besonders Chilaiditi (5) aufmerksam gemacht hat. Es kann vorkommen, daß sich dieser Darmteil zwischen Zwerchfell und Leberkuppe einschiebt. Ist die Schlinge in diesem Fall gashaltig, so kann das hierdurch erzeugte Röntgenbild große Ähnlichkeit mit dem Befund bei Ansammlung freien Gases in der Bauchhöhle haben, worüber später noch zu sprechen sein wird.

Die Gasfüllung der linken Flexur, besonders die übermäßige, ermöglicht uns wichtige und interessante Beobachtungen. Die Blähung der Schlinge kann ganz enorme Ausdehnung erreichen. Die Folgen sind starke Verdrängung der Nachbarorgane; der anliegende Magen wird nach rechts gedrängt. Bei der Beurteilung von Magen-Röntgenbildern verlangt dieser Faktor Berücksichtigung, weil eine Verziehung des Magens nach rechts durch perigastritische Verwachsung, wie sie bei Ulcera des Magens und Duodenums, oder bei Gallenblasenprozessen vorkommen, vorgetäuscht werden kann. Auch können Bilder entstehen ähnlich denjenigen bei Einbeulung des Magens durch Tumoren. Bei genügender Vorsicht sind solche Verwechselungen natürlich zu umgehen. Die Funktion des Magens erleidet durch die Verdrängung gewöhnlich keine nennenswerte Beeinträchtigung.

Dagegen ist funktionell von großer Wichtigkeit die Hochdrängung des linken Zwerchfelles. Durch Behinderung seines inspiratorischen Absteigens ist die Atmung erschwert. Dazu kommt noch die Querlage des Herzens, bedingt durch den Hochstand des Zwerchfelles, eventuell eine Verdrängung des Herzens und der großen Gefäße nach rechts. Diese ungünstige Beeinflussung der Herzfunktion findet im allgemeinen zu wenig Berücksichtigung. Zwar finden sich auch in der Literatur genügend Hinweise auf Herzbeschwerden, die durch abnormen Zwerchfellstand verursacht werden [Rosenfeld (6), Schmaltz (7)], im großen und ganzen aber macht man sich über die Abhängigkeit der Herzlage vom Zwerchfellstand nicht die richtige Vorstellung. Nichts veranschaulicht diese besser wie Röntgenbilder, auf denen der Herzschatten über und neben dem durch eine gedehnte Kolonblase hochgetriebenen Zwerchfell mit aller Deutlichkeit sichtbar ist. Man betrachte Abbildung 13—16 und bekommt sicher unmittelbar den Eindruck, daß das nach oben und rechts gedrängte Herz unter ungünstigen Bedingungen seine Arbeit zu leisten hat. Der Unterschied von einer Verdrängung des Herzens durch Pneumothorax oder Flüssigkeitserguß in der Pleura ist nur der, daß in diesen Fällen die verdrängende Ursache selbst schon als Krankheitsmoment in Erscheinung tritt.

Nun sind die zur Abbildung gebrachten Befunde besonders hochgradig und kommen nicht alltäglich zur Beobachtung, aber überaus groß ist die Zahl der Fälle, wo eine mehr oder weniger starke Hochdrängung des Zwerchfelles zu konstatieren ist. Und man kann ruhig sagen, daß sich bei manchem Patienten, der über Stiche in der linken Brustseite oder Beklemmungen in der Herzgegend klagt, die Ursache seiner Beschwerden vor dem Röntgenschirm zwanglos auf solche mechanische Anomalien zurückführen läßt. Schon bei Besprechung der Magenblase wurde darauf hingewiesen, daß sie für die Hochdrängung des Zwerchfelles von gleicher Bedeutung ist wie ein stark geblähtes Kolon. Kombinieren sich beide, wie in den meisten Fällen, so ist der Effekt natürlich besonders deutlich.

Erreicht der Zwerchfellhochstand über dem mächtig geblähten Kolon resp. Magen Grade, wie in den vier abgebildeten Fällen, so entsteht die Frage, ob nicht das primär Abnorme in der Konfiguration des Zwerchfelles zu suchen ist und ob nicht der Zustand vorliegt, den man als Eventratio diaphragmatica bezeichnet. Diese Anomalie des Zwerchfellstandes galt vor der Röntgenära als außerordentlich selten. Noch 1908 waren nach Arnsperger (8) nur 11 Fälle bekannt, von denen nur drei intra vitam diagnostiziert waren. Allerdings sind seitdem mit Hilfe der Röntgenmethode noch zahlreiche Fälle bei Lebenden festgestellt worden [Krause (9), Kayser (10), hier auch weitere Literatur], aber ich habe nicht den Eindruck, daß ihr Vorkommen für so häufig gehalten wird, wie man es nach unseren Beobachtungen annehmen darf. Allein drei von den vier abgebildeten Fällen wurden innerhalb des letzten halben Jahres entdeckt, einer als Zufallsbefund, die beiden anderen unter Umständen, über die noch zu berichten sein wird. Der vierte Fall lag vor zwei Jahren in der Klinik, wo er sich wegen Magenbeschwerden hatte aufnehmen lassen.

Ätiologisch wird die Mehrzahl der beschriebenen Fälle als angeborene Mißbildung aufgefaßt. In einem kleineren Teil nur wird das Zustandekommen in späterem Lebensalter angenommen. Hierfür wird eine abnorme Dehnbarkeit des Zwerchfelles infolge Entartung seiner

Muskulatur — primär oder bei Erkrankung des zugehörigen Nervus phrenicus — zur Voraussetzung gemacht. Ein derart atonisches Zwerchfell würde dann bei Steigerung des intraabdominellen Druckes in den Brustraum hineingewölbt werden. Die im Rahmen der vorliegenden Betrachtung zu erörternde Frage ist nun die, welche Rolle das geblähte Kolon resp. der geblähte Magen, die ausnahmslos unter dem gedehnten Zwerchfell gefunden werden, spielen. Man kann sich vorstellen, daß die Kolonblähung primär vorhanden wäre. Sie wäre es dann, die als drucksteigerndes Moment wirkte und das Zwerchfell in den Thoraxraum hineinwölbte. Die andere Möglichkeit wäre die, daß der Zwerchfellhochstand primär vorhanden ist. Infolge des fehlenden Gegendruckes durch ein straffes Zwerchfell ist dann dem Kolon Gelegenheit gegeben, sich abnorm auszudehnen. Die Blähung wäre in diesem Falle also sekundär entstanden zu denken. Für die letztere Annahme sprechen Beobachtungen an zwei Fällen, von denen Abb. 17 u. 18 stammen. In beiden Fällen hat sich im Gefolge einer Lungenschußverletzung eine Verwachsung des Zwerchfelles hoch oben seitlich an der Thoraxwand ausgebildet. Beide Male haben sich unter dem hochgezogenen Zwerchfell mächtig geblähte Kolon- resp. Magenblasen angelagert. Im einen Falle (18) entspricht die Blase der linken Flexur, im zweiten (17) setzt sie sich aus Magen und Kolon zusammen, wie durch Kontrastfüllung des Magens und Darmes (dieser durch Einlauf) bewiesen werden konnte. Diese Feststellung war auch wichtig, weil neben Atembeschwerden bei diesem Patienten Beschwerden von seiten des Magens im Vordergrunde standen, und in der Tat ließ sich feststellen, daß der obere stark geblähte Magenabschnitt sanduhrartig vom unteren Magenteil abgeschnürt und daß der Abfluß der Speisen aus dem oberen Teil zeitweise behindert war. Diese Beobachtungen zeigen, daß sich in der Tat an primären Zwerchfellhochstand eine abnorme Dehnung von Magen oder Darm anschließen kann. Die Beziehungen zwischen Zwerchfellstand und Kolonausdehnung sind also wechselseitig und der Endzustand, wie wir ihn als Eventration im Röntgenbilde sehen, gestattet keinen Rückschluß auf ihre Entstehung.

Nicht weniger unangenehm als für den Patienten wegen der damit verbundenen Beschwerden können solch abnorme Zwerchfellbefunde für den untersuchenden Arzt wegen der diagnostischen Irrtümer werden, zu welchen sie Anlaß geben. So berichtet Lorey (11) von seinem Fall V, daß dieser jahrelang als Pleuritis ging und auch punktiert wurde, wobei wahrscheinlich die Milz angestochen wurde. Auch bei zwei von den hier zur Abbildung gebrachten Fällen war vor der Röntgenuntersuchung die Diagnose auf Pleuritis gestellt worden. Bei der Patientin (15) war bereits die Punktion beschlossen und sie wurde der Röntgenabteilung der Klinik von außerhalb nur noch zugeführt, um die Höhe des Exsudates resp. den geeignetsten Ort zum Einstich feststellen zu lassen. Nach der Durchleuchtung wurde begreiflicherweise von dem geplanten Eingriff Abstand genommen. Im zweiten Falle handelte es sich gar um einen Kollegen. Er war außerhalb der Klinik 8 Wochen lang wegen Pleuritis behandelt worden, die längste Zeit davon im Bett. Im Hinblick auf die wahrscheinliche Ätiologie war er verständlicherweise äußerst deprimiert. Da „die handbreite Dämpfung und Zone abgeschwächten Atmens links hinten unten" immer gleichblieb, wurde endlich eine Röntgendurchleuchtung vorgeschlagen. Deren Resultat war, daß der „Patient" vom nächsten Tage an frohen Herzens wieder Dienst machte. Von der Tuberkulosefurcht war er befreit; mit dem abnormen Zwerchfellstand sich abzufinden, fiel ihm leichter[1]).

---

[1]) Anmerkung während der Korrektur. Anfang Dezember kam eine fünfte Eventr. diaphragmat. in der Röntgenabteilung zur Beobachtung, die ebenfalls eine Fehldiagnose veranlaßt hatte. Es handelte sich um einen Offizier, der wegen „Herzerweiterung" in verschiedenen Heilanstalten gewesen war, und dessen Dienstfähigkeit wegen der Herzerkrankung in Frage stand. Die Herzerweiterung war aus einer Verbreiterung des Herzens nach rechts bis zwei Querfinger rechts vom rechten Sternalrand geschlossen worden. Die Röntgendurchleuchtung ergab auch in der Tat, daß das Herz bis 7,5 cm rechts der Mittellinie reichte. Dafür aber nach links nur 7 cm. Es war durch eine mächtige Magenblase, die sich unter dem bis in den IV. Interkostalraum gewölbten Zwerchfell dehnte, nach rechts und oben ge-

Wenn ich in den Bericht über diese beiden Fälle die Bemerkung einflocht, daß die beiden außerhalb der Klinik untersucht und dort nicht als Eventration des Zwerchfelles erkannt wurden, so bin ich weit davon entfernt, damit einen Zweifel an der Genauigkeit der physikalischen Voruntersuchung zum Ausdruck bringen zu wollen. Zum Beweis dafür schließe ich die Mitteilung über folgenden, vor kurzem in der Klinik beobachteten Fall an, der zeigen mag, wie trotz genauer Untersuchung und Zuhilfenahme aller zu Gebote stehenden Methoden ein abnormer Zwerchfellstand zu unangenehmen Zwischenfällen Anlaß geben kann. Er betrifft einen 52jährigen Mann, der wegen unbestimmter Schmerzen im Epigastrium, Unregelmäßigkeiten der Stuhlentleerung und Stichen in der linken Brustseite die Klinik aufsuchte. Objektiv war bei ihm zunächst nur eine mäßige Auftreibung und Schmerzhaftigkeit des Leibes und mit Sicherheit ein pleuritisches Exsudat links hinten und seitlich festzustellen. Durch eine erste Probepunktion, bei der ca. 5 cm^3 Exsudat gewonnen wurden, war jeder Zweifel am Bestehen eines Ergusses behoben. Man dachte an metastatische Pleuritis bei primärem Darmtumor und beschloß, in der Absicht nach Tumorzellen in dem Erguß zu suchen, etwas mehr Exsudat abzulassen. Bei dieser Punktion im VIII. Interkostalraum hinten seitlich ereignete es sich, daß nach Abfluß von ca. 50 cm^3 ein weiteres Abfließen stockte. Als man nun in einer Tiefe von nur wenigen Zentimetern die Nadel noch ein wenig vorschob, wurde der Spritzenstempel plötzlich zurückgedrückt und aus der Nadel entwich Gas unter positivem Druck und von fäkulantem Geruch. Sofort nach diesem Ereignis wurde Röntgenbild 19 (Tafel III) aufgenommen, dem folgende Deutung gegeben wurde: Unglücklicherweise verbarg sich bei dem Patienten hinter dem Exsudat ein durch mächtig geblähte Darmschlingen hochgetriebenes Zwerchfell. So war es möglich, durch das in dünner Schicht angeordnete Exsudat hindurch das Zwerchfell zu durchstoßen und eine Darmschlinge anzustechen. Aus der Stichöffnung des Darmes entströmte durch die Nadel und den Stichkanal Darmgas nicht nur nach außen und in den Thoraxraum — ein Rest davon ist deutlich als kleiner Seropneumothorax auf dem Bilde zu erkennen —, sondern auch in die Bauchhöhle. Die Ansammlung des freien Gases in der Bauchhöhle ist deutlich lateral von der Kolonaußenwand zwischen dieser und der Bauchwand zu erkennen. Die Prognose wurde natürlich im Hinblick auf die zu erwartende diffuse Peritonitis letal gestellt und wir machten uns den Vorwurf, diese durch die Punktion verschuldet zu haben. Der erwartete Exitus letalis trat am fünften Tage nach der fragwürdigen Punktion ein, aber die Sektion brachte eine Überraschung. Es bestand bei dem Kranken eine Pankreasnekrose, in deren Gefolge der Darm (Teile des Duodenums und des Kolon transversums) angedaut und an verschiedenen Stellen perforiert war. Die im Röntgenbilde festgestellte Ansammlung freien Gases im Abdomen hatte also schon vor der Punktion bestanden und die Peritonitis kommt nicht auf Rechnung dieser Punktion. Die Tatsache der Durchstechung des Zwerchfelles und des Übertrittes von Gas aus der Bauch- in die Brusthöhle bleibt allerdings bestehen, doch war sie auf den Verlauf des Falles ohne nennenswerten Einfluß. Leicht verständlich — ich möchte nicht sagen verzeihlich — ist das Vorkommnis, wenn man in Betracht zieht, daß der Erguß nur in dünner Schicht schalenförmig um das kuppelförmig hochgetriebene Zwerchfell ausgebreitet war, aber dicht genug, um die perkussorischen Phänomene der unter ihm befindlichen Darmteile zu verschleiern.

Die Besprechung des im vorhergehenden geschilderten Falles wurde deshalb etwas ausführlicher gestaltet, weil der röntgenographisch fixierte Befund freier Gasansammlung im Abdomen immerhin zu den Seltenheiten gehört [Meyer-Betz (3)]. Das hängt wohl damit zusammen, daß man einen Patienten, bei dem klinisch Perforations-Peritonitis diagnostiziert wurde, lieber möglichst schnell dem Chirurgen und nicht dem Röntgenologen überweist. Und

---

drängt. Die Auskultation des Herzens, Puls und Blutdruckmessung ergaben nichts Wesentliches. Subjektiv stand der Mann mehr unter dem unangenehmen psychischen Eindruck seiner angeblichen Herzerkrankung, als daß er körperliche Beschwerden gehabt hätte.

diejenigen Fälle, in denen eine Perforation so wenig stürmisch verläuft, daß sie nicht erkannt wird und die freie Gasansammlung im Abdomen erst bei der Röntgendurchleuchtung als Überraschungsbefund auftaucht, dürften eine Ausnahme darstellen. In den letzten sechs Jahren kam ein solcher Fall in unserer Klinik zur Beobachtung. Die interessante Krankengeschichte findet sich am Schlusse. Hier sei daraus nur hervorgehoben, daß der Patient nach erfolgter Perforation 16 Tage lang ohne nennenswerte Erscheinungen bei sich zu Hause bleiben und eine flüssig-breiförmige Ernährung durchführen konnte, ohne daß beängstigende Ereignisse hinzugetreten wären. Dies hat zur Voraussetzung, daß wohl schon vor der Perforation bereits Verwachsungen in der Umgebung des perforierten Ulcus bestanden hatten, die einer Ausbreitung des infektiösen Materials mit folgender diffuser Peritonitis vorbeugten.

Abb. 20 (Tafel III) zeigt den überraschenden Befund, der sich bei der ersten Durchleuchtung des Patienten darbot. Man erkennt unter dem Zwerchfell ohne weiteres die abnorme Gasansammlung, welche die Leber nach unten und medialwärts gedrängt hat. Die lateralen Partien der Gasblase sind völlig frei von Zeichnung. Medial sieht man von der Leber nach oben undeutliche Schatten ziehen, die wohl peritonitischen Strängen oder dem Ligamentum teres entsprechen. Daß es sich um freies Gas und nicht um zwischengelagertes Kolon handelte, ließ sich in diesem Falle leicht entscheiden. Ist die Menge des bei der Perforation ausgetretenen und zwischen Leber und Zwerchfell zur Ansammlung gekommenen Gases geringer, so kann die Unterscheidung von Kolon, das sich über die Leber geschoben hat, schwierig sein. Popper (12) hat hierauf vor kurzem hingewiesen. Nach ihm steigt das freie Gas an die höchste Stelle über der Leber, dort eine Ansammlung in Form einer liegenden Sichel bildend, während die Kolonzwischenlagerung mehr seitlich zwischen Leber und Bauchwand als nach oben spitz zulaufende Gasaufhellung sich zeigen soll. Für Ansammlung kleinerer Mengen mag dies stimmen. In unserem Falle 20 ist die Ansammlung mehr seitlich, so wie sie angeblich für Abdrängnng der Leber durch Kolon charakteristisch ist. Im Falle 19 hat sich zwischen Leber und rechter Zwerchfellkuppe überhaupt kein freies Gas gezeigt, sondern die Ansammlung fand auf der linken Seite zwischen Colon descendenz und Bauchwand statt. Hierbei ist zu berücksichtigen, daß für die Verteilung des ausgetretenen Gases nicht nur dynamische Faktoren maßgebend sind, sondern auch mechanische, worunter peritonitische Verwachsungen und Verklebungen verstanden werden. Welche Rolle sie spielen, zeigt besonders deutlich der unter Nr. 20 mitgeteilte Fall. Wäre die Perforation nicht in einer schon vorher bestehenden Abkapselung erfolgt, so hätte der Patient sicher unter stürmischen Erscheinungen erkranken müssen; und ebenso werden im Falle 19 Verklebungen zwischen Leber und Zwerchfell sich gebildet haben, die einem Vordringen des Gases nach dieser Stelle Einhalt boten.

Der Vollständigkeit halber sei hier angeführt, daß in seltenen Fällen freies Gas im Abdomen auch über einem Flüssigkeitsspiegel beobachtet werden kann, und zwar ebenfalls rechts oben zwischen Leber und Zwerchfell. Es handelt sich dann um den Zustand, der als subphrenischer Pyo-Pneumothorax bezeichnet wird. Über die Ätiologie dieses Zustandes und bildliche Darstellung des Befundes sei auf die Mitteilungen von Alwens (13) und Reinecke (14) (hier auch weitere Literatur) verwiesen.

Zum Schlusse sei darauf aufmerksam gemacht, welche Förderung die Darstellung von Leber und Milz im Röntgenbilde durch den Kontrast gashaltiger Kolonschlingen erfährt. Abbildungen 9, 10, 12 und 20 sagen zu dieser Frage mehr als lange Erörterungen. Wenn man sich solche Bilder vergegenwärtigt, bedarf es weiter keiner Empfehlung der Methode, die zum Prinzip hat, dem Fehlen natürlicher Kontrast erzeugender Gase durch künstliche Einführung solcher abzuhelfen. Ich meine damit das Aufblasen des Kolons vom Rektum aus oder das Einlassen von Luft oder Sauerstoff in die Peritonealhöhle, Methoden, die eingangs erwähnt wurden und bezüglich derer auf die dort angegebene Literatur verwiesen werden muß (1—4).

Auf gleicher Höhe mit ihnen steht die von Achelis (15) angegebene Methode, durch

Aufblähung des Magens die Herzspitze zum Zwecke der Orthodiagraphie deutlicher sichtbar zu machen. Dabei wird erreicht, was auf Abbildungen 1, 13, 14 und 16 sehr deutlich zu erkennen ist, nämlich, daß sich die Herzkontur scharf neben resp. hinter der Kolon- oder Magenblase abhebt. Nur darf nicht übersehen werden, daß dabei auch die Herzlage beeinflußt wird, was allerdings bei mäßiger künstlicher Aufblähung des Magens nicht allzuviel an der Normallage des Herzens zu ändern braucht. Dies ist dem mit der Methode Vertrauten natürlich bekannt, und wenn ich es anführe und durch die Abbildungen 21a und b (Tafel III) veranschauliche, so geschieht dies nur, weil dieses Bild außer an der Herzkontur noch an einem anderen Objekt zeigt, um wieviel der Kontrast des Bildes durch die Aufblähung gewinnt. Der Zufall will es, daß ein in der Rückenmuskulatur befindliches Projektil gerade hinter der Magenblase liegt. Während nun auf Bild 21a das Projektil zwar zu sehen ist, die umgebenden Skeletteile aber wenig scharf hervortreten, erkennt man auf Abbildung 21b mit großer Deutlichkeit die Lageverhältnisse der Revolverkugel zu 11. und 12. Rippe und dem 1. Lendenwirbel.

So wie in diesem, ist in manch anderem Falle die Möglichkeit gegeben, durch Ausnützung der topographischen Verhältnisse im Verein mit natürlicher oder künstlicher Kontraststeigerung die Bildschärfe zu erhöhen. Die Nutzanwendung dieser Tatsache für die speziellen Verhältnisse des Abdomens liegt den vorliegenden Erörterungen zugrunde.

Erklärung der Bilder und zugehörigen Krankengeschichten.

Tafel I—III.

1. Abnorm große Magenblase. Scharfe, gut erkennbare Zwerchfellinie. Horizontal eingestellter Flüssigkeitsspiegel des Mageninhalts. Hinter der Magenblase deutlich hervortretende Herzkontur. (Röntgenaufnahme 9. IX. 1915.)

Patient M. G. 35a. Vegetarianer. Weil zum Militär eingezogen, zu Fleischkost gezwungen. Klagt über Druck im Leibe. Aufstoßen.

Objektiver Befund: Nervöse Stigmata. Achylie-Aërophagie.

2. Gasblase über horizontalem Flüssigkeitsspiegel im Duodenum.

5 Minuten nach Baradiolmahlzeit. (Röntgenaufnahme 3. XI. 1915.)

Patient J. S. 25a. Frühere Krankheiten o. B. 13. IX. 1914 verwundet, Oberarm- und Fußschuß. Seit Anfang Oktober 1915 Schmerzen nach dem Essen, Erbrechen.

Objektiver Befund: Druckempfindlichkeit der Nabelgegend, Hyperazidität. Im Stuhl Sanguis positiv.

Röntgendurchleuchtung: Magen o. B., nur auffallend rasche Entleerung.

Duodenalbefund wie auf Photographie.

Röntgendiagnose: Ulcus duodeni, Duodenalstenose.

Am 13. XI. Operation: Ulcus duodeni dicht am Pylorus. Gastro-Enterostomie.

3. Gasblase über Flüssigkeitsspiegel im Duodenum.

Röntgenaufnahme 22. II. 1915. 10 Minuten nach Baradiolmahlzeit.

Patient E. Sch. 24a. Vor 2 Jahren vorübergehend Magenbeschwerden. Seit 8 Wochen Appetitlosigkeit, Schmerzen in der rechten Leibseite anfallsweise, später ständig, gelegentlich Erbrechen.

Objektiver Befund: Magengegend und Gegend rechts vom Nabel sehr druckempfindlich.

Achylie (keine freie HCl.) 25 Ges.-Az.

Röntgendurchleuchtung: Magen o. B. Pylorus und Duodenum sehr druckempfindlich.

Duodenalbefund wie auf Photographie. Röntgendiagnose: Ulcus duodeni.

Operation wurde abgelehnt.

4. Doppelte Gasblase über horizontalem Flüssigkeitsspiegel.

Röntgenaufnahme 15. X. 1915. $1^1/_2$ Stunden nach Baradiolmahlzeit.

Patient J. K. 46a. Im 22. Jahre Schmerzen in der Magengegend, jedesmal nach dem Essen; periodenweises Wiederauftreten dieser Schmerzen. Vor 4 Jahren stärkere Schmerzen, vor einem Jahre erneute Zunahme der Schmerzen, auch nachts.

Objektiver Befund: Rechte obere Bauchseite schmerzempfindlich. Nüchtern einige Kubikzentimeter Inhalt. Werte 40 freie HCl. 70 Ges.-Az. Säurewerte nach P. F. 68 : 88. Im Stuhl Sanguis negativ, zeitweise Zucker im Urin.

Röntgendurchleuchtung: Unscharfer Antrumteil des Magens. Pylorus nach rechts gezogen; offen. Anstauung im Duodenum. Nach $1^1/_2$ Stunden Befund wie auf Photographie.

Röntgendiagnose: Ulcus duodeni, doppelte Striktur von Dünndarmschlingen (eventuell primärer Gallenblasenprozeß).

Operation 2. XI. 1915: Ulcus callosum hinter dem Pylorus am Pankreaskopf. Stränge, die zur Gallenblase, zum Dünndarm und Colon transversum ziehen. Lösung der Stränge. Schluß des Pylorus (nach Wilms) Gastro-Enterostomie, Heilung.



5. Gasblase über horizontalem Flüssigkeitsspiegel im Duodenum.

Röntgenaufnahme 3. XI. 1915. 5 Minuten nach Baradiolmahlzeit.

Patient M. B. 64a. Frühere Krankheiten o. B. am 25. X. akut erkrankt mit Schmerzen in der Magengegend und Erbrechen, 2 Tage später Gelbfärbung der Haut.

Objektiver Befund: Druckempfindlichkeit der Gegend unterhalb des rechten Rippenbogens.

Röntgendurchleuchtung: Magen o. B., abgesehen von abnorm rascher Entleerung. Duodenum wie auf Photographie.

Röntgendiagnose: Duodenalstrangulation durch pericholezystische Stränge. Operation wurde abgelehnt.

6. Mehrfache Gasansammlung über horizontalem Niveau in stark erweiterten Dünndarmschlingen.

Röntgenaufnahme 8. V. 1915. 5 Stunden nach Baradiolmahlzeit. Die rundliche Baradiolansammlung rechts neben dem Nabel entspricht dem erweiterten Duodenum. Die Querfalten der Dünndarmwand sind außerordentlich deutlich zu erkennen.

Patient J. K. 60a. Seit 8 Jahren öfters Aufstoßen und Erbrechen. Seit $^1/_2$ Jahre krampfartige Schmerzen im Leib, besonders nachts. Stuhlverstopfung. Gurren im Leib.

Objektiver Befund: Mäßige Auftreibung des Abdomens, rechts vom Nabel Druckempfindlichkeit. Durch die dünne Bauchdecke hindurch Darmperistaltik sichtbar.

Röntgendurchleuchtung: Magen nach Form und Lage normal, schon kurz nach der Kontrastfüllung starke Ansammlung im Duodenum. Niveaubildung. Des weiteren noch an mehreren Stellen im Dünndarm Spiegelbildung unter Gas. Nach 5 Stunden Befund wie auf Photographie. Bei weiterer Verfolgung der Passage ergibt sich erneute Anstauung in der rechten Flexur. Wismuteinlauf ergibt ebenfalls Stenose der rechten Flexura coli.

Röntgendiagnose: Stenose in der rechten Flexur (Tuberkulose oder Tumor). Übergreifen peritonitischer Stränge auf Duodenum und verschiedene Dünndarmschlingen mit Strangulation als Folge.

Operation 5. VI. 1915: Faustgroßer Tumor im oberen Teil des Coecums. Ileum streckenweise stark erweitert. Kolon kontrahiert. Am 7. VI. Tot an Peritonitis. Sektion: Tuberkulose des Coecums.

7. Gasansammlung im Dünndarm (rechts vom Nabel), **deutlicher Spiegel im Dünndarm** (links vom Nabel).

Röntgenaufnahme 6. V. 1914. 4 Stunden nach Baradiolmahlzeit.

Patient K. St. 25a. Seit einem Jahre reißende Schmerzen im Leib, seit einem halben Jahre stärkere Schmerzen, besonders nach dem Essen. Erbrechen. In der Nacht besonders heftige Schmerzanfälle, dabei zuweilen Vorwölbung des Leibes an einzelnen Stellen. Seit 4 Monaten täglich Erbrechen, Abmagerung.

Objektiver Befund: Leib weich, nicht druckempfindlich, lautes Gurren, hörbar, sichtbare Peristaltik.

Röntgendurchleuchtung: Magen normal, im Dünndarm stellenweise Gasansammlung, horizontale Einstellung der Kontrastfüllung unter Gasaufhellung (wie auf Photographie), Coecum mangelhaft gefüllt.

Röntgendiagnose: Ileocoecaltuberkulose mit Erweiterung und teilweiser Strangulation des Dünndarmes.

Operation 18. V. 1914. Stenose des Dünndarmes nahe des Coecums durch tuberkulöses Ulcus. Resektion, Anastomosis Ileocolica.

8. Totalaufnahme vom Abdomen. Enorme Blähung sämtlicher Darmteile. Flüssigkeitsschatten in vierfachem verschieden hohem Horizontalniveau eingestellt.

Röntgenaufnahme 12. VIII. 1915.

Patient J. K. 14a. Seit 14 Tagen Krankheitsgefühl, Erbrechen, Durchfälle. Seit 8 Tagen starke Schwellung des Leibes.

Objektiver Befund: Inanition, starke Schwellung des Leibes, Lungen o. B., Abdomen gespannt, in den mittleren Partien Tympanie, in den Seiten Dämpfung, Plätschern hörbar, Darmschlingen durch die Bauchdecke hindurch sichtbar.

Röntgendurchleuchtung zeigt Befund wie Photographie. Außerdem erkennt man, wie sich beim Neigen des Rumpfes die verschiedenen Flüssigkeitsspiegel immer horizontal einstellen. Bei ruckweiser Bewegung Wellenbewegung aller 4 Spiegel. Es gelingt in keiner Stellung, aus einer Kammer Flüssigkeit in eine andere überfließen zu lassen.

Röntgendiagnose: Stenosierung von Darmschlingen, enorme Dilatation der vor den Stenosen gelegenen Darmabschnitte. Ätiologie, wahrscheinlich Darm- oder Peritonealtuberkulose (vielleicht abgekammerter Aszites). Am 20. VIII. Auftreten von akutem Ileus und Verlegung auf die chirurgische Klinik.

Operation: Medianschnitt, Abfließen von ca. 1 l Aszites, Karzinom der linken Flexur mit fast vollkommenem Verschluß des Darmlumens. Enorme Dilatation von Dünn- und Dickdarm, Colon transversum über armdick. Anlegung eines Anus präter. In zweiter Sitzung Resektion der karzinomatösen Flexur. Zurzeit noch Anus präter, Wohlbefinden.

9. Große Kolonblase. Milz dicht unter der linken Zwerchfellkuppe deutlichst zu erkennen. Magen mit Kontrastspeise gefüllt, ptotisch, in den oberen Partien nach rechts gedrängt.

Röntgenaufnahme 8. VI. 1915.

Patient J. H. 36a. Druckgefühl in der Magengegend nach dem Essen.

Objektiver Befund: Nichts Deutliches.

Röntgendurchleuchtung wie Photographie.

Röntgendiagnose: Ptose des Magens, abnorme Kolonblähung.

10. Abnorm starke Gasblähung der linken Flexur und des Colon descendens. Milzschatten seitlich vom Kolon, Magen nach rechts, Zwerchfell nach oben gedrängt.

Röntgenaufnahme 5. X. 1915.

Patient R. R. 20a. Klagt über Herzklopfen, Brustschmerzen.

Objektiver Befund: Lungen und Herz o. B. Bei Röntgendurchleuchtung Kolonblähung als Nebenbefund.

11. Enorme Gasblähung der linken Flexur und des Colon descendens. Magen nach rechts, Zwerchfell nach oben gedrängt.

Röntgenaufnahme 3. XI. 1915.

Patient K. K. 26a. Klagt über Kreuzschmerzen und Druckgefühl im Leib.

Objektiver Befund: Subazidität, mäßige Ptose.

Röntgendurchleuchtung zeigt Befund wie Abbildung.

Röntgendiagnose: Ptose des Magens, enorme Kolonblähungen.

12. Unterer **Leberrand** deutlich **über geblähtem Colon transversum** zu erkennen. Zwerchfellhochstand über Magen und Kolonblase.

Röntgenaufnahme 22. XI. 1915.

Patient M. N. 37a. Klagt über Stiche im Rücken und in der linken Seite.

Objektiver Befund: Hochstand und mangelnde Beweglichkeit des linken Zwerchfelles.

Röntgendurchleuchtung wie Photographie. Außerdem schlechte Beweglichkeit des linken Zwerchfelles.

13. Sehr starker Hochstand des linken Zwerchfelles. Zwerchfellinie scharf hervortretend, darunter stark geblähtes Kolon, Herz nach rechts gedrängt.

Röntgenaufnahme 15. X. 1915.

Patient G. M. 40a. Kommt wegen „Lungenspitzenkatarrh“ zur Untersuchung.

Objektiver Befund: Schall über der rechten Spitze verkürzt.

Röntgendurchleuchtung: Rechte Spitze enger und dunkler. Zwerchfellhochstand wie auf Photographie als Nebenbefnnd.

Röntgendiagnose: Eventratio diaphragmatica.

14. Enormer Zwerchfellhochstand links, sehr stark geblähtes Kolon unter dem Zwerchfell, Herz nach rechts gedrängt (Magen mit Kontrastspeise gefüllt).

Röntgenaufnahme 17. IV. 1913.

Patient M. A. 57a. Seit 5—6 Jahren Spannen in der rechten Leibseite, namentlich beim Bücken, im Anfang Erbrechen, später nur Spannungsgefühl, wenn sie mit Nahrungsaufnahme vorsichtig war.

Objektiver Befund: Etwas Auftreibung des Leibes. Leib namentlich in der **rechten Seite** (Leber?) druckempfindlich.

Röntgendurchleuchtung zeigt Befund wie Photographie.

Röntgendiagnose: Ptose und Ektasie des Magens, Eventratio diaphragmatica.

15. **Sehr starker Hochstand des linken Zwerchfelles.** Zwerchfellinie scharf, darunter große Magenblase. Magen mit Kontrastspeise gefüllt von lang ausgezogener Form, **Herz nach rechts gedrängt.**

Röntgenaufnahme 21. IV. 1915.

Röntgendiagnose: Eventratio diaphragmatica.

Patient E. K. 50a. Krankengeschichte siehe im Text Seite 6.

16. **Zwerchfellhochstand, links große Kolonblase** unter dem Zwerchfell. Herz **mäßig** nach rechts gedrängt. Aufnahme 5. VIII. 1915.

Röntgendiagnose: Eventratio diaphragmatica.

Patient Dr. V. Krankengeschichte siehe im Text Seite 6.



17. **Zwerchfell links** an der Seite des Thorax **in Höhe der 8. Rippe fixiert.** Scharfe Zwerchfelllinie von innen unten nach außen oben ansteigend, darunter große Magen- und Kolonblase. Geschoß links neben dem ersten Lendenwirbel. Aufnahme 18. IX. 1915.

Patient M. K. 27a. Oktober 1914 Lungensteckschuß.

Objektiver Befund: Rechts normale Lungengrenze, links seitlich Lungengrenze nicht sicher zu bestimmen.

Röntgendurchleuchtung zeigt Befund wie Photographie. Zwerchfell links nicht beweglich, Magen- und Darmbefund siehe Text Seite 6.

Röntgendiagnose: Fixation des Zwerchfelles an der seitlichen Thoraxwand, abnorme Magen- und Kolonblähung unterhalb des fixierten Zwerchfelles, Sanduhrmagen durch Strangulation.

18. Infiltration und Schwarte im Bereich des linken Unterlappens. **Zwerchfell seitlich hoch fixiert, darunter stark geblähtes Kolon.** Granatsplitter links seitlich zwischen 10. und 11. Rippe.

Röntgenaufnahme 16. X. 1915.

Patient L. W. 27a. Im März 1915 Lungenschuß.

Objektiver Befund: Links unten seitlich Dämpfung, unverschiebliche Lungengrenze.

Röntgendurchleuchtung wie auf Photographie.

19. **Schmales Exsudat mit kleinem Pneumothorax über dem Zwerchfell, darunter medial geblähtes Kolon, lateral zwischen Kolon und Bauchwand freies Gas.** Aufnahme 9. IX. 1915.

Patient K. O. 52a. Krankengeschichte siehe im Text Seite 7.

20. **Große halbmondförmige Gasblase zwischen Leber und rechtem Zwerchfell.** Zwerchfell rechts scharf. Innerhalb der Gasansammlung keine Haustrenbildung. (Aufnahme 24. V. 1912.)

Röntgendiagnose: Freies Gas zwischen Leber und Zwerchfell.

Patient J. M. 38a. Seit ca. einem Jahr Magenbeschwerden; besonders nach Genuß schwerer Speisen. Heftige Schmerzen und Erbrechen. Seit 3 Monaten Besserung. Am 7. V. abends plötzlich sehr heftiger Schmerz „wie ein Stich mit dem Messer". Über Nacht hielten die Schmerzen an; am anderen Morgen war der Leib aufgetrieben. Auf Rizinusöl sechsmal Stuhlentleerung. Fieber bestand nicht. Am 23. V. kam er zur Aufnahme, in der Zwischenzeit nährte er sich von Milch, Eiern, Kaffee.

Objektiver Befund: Haut blaß, macht einen leidenden Eindruck. Thorax symmetrisch. Rechts unten geringes Nachschleppen. An Stelle der Leberdämpfung laute Tympanie. Herz nach links gedrängt. Abdomen aufgetrieben, namentlich das Epigastrium. Überall Tympanie, nirgends Dämpfung, auch in den abhängigen Partien nicht. Keine Leberdämpfung, dafür laute Tympanie.

Röntgendurchleuchtung wie Photographie. Zwerchfell bewegt sich mit der Respiration. In Rückenlage verschwindet die lufthaltige Partie bis auf einen kleinen Spalt vor der hochsteigenden Leber.

Röntgendiagnose: Perforation eines Magenulkus. Austritt von Magenluft in die freie Bauchhöhle.

Operation 29. V. 1912. 10 cm langer Schnitt entlang dem rechten Rippenbogen. Bei Eröffnung des Peritoneums Abfließen von wenig serösem Exsudat. Eine Abszeßhöhle wird nicht gefunden. Drainage. Nach und nach granuliert die Wunde unter Entfernung der Drains zu. Nahrungsaufnahme ohne Schwierigkeiten. Am 9. VII. Wunde verheilt. Leberdämpfung wieder an normaler Stelle, ebenso Cor. Leib überall weich.

Röntgendurchleuchtung: Zwerchfellhochstand rechts, schlechte Beweglichkeit, keine Luft mehr zwischen Zwerchfell und Leber. Magen (mit Kontrastspeise gefüllt) geschrumpft, an der kleinen Kurvatur

schneckenförmig aufgerollt. Antrum (bei seitlicher Durchleuchtung) nahe an der vorderen Bauchwand. Leichter Durchtritt von Wismutspeise in das Duodenum. Ausheberung des Magens: Achylie.

Röntgendiagnose: Ulcus am unteren Ende der kleinen Kurvatur.

21a. Geschoß in Höhe des I. Lendenwirbels, Lagebeziehung zu den Rippen undeutlich. Zwerchfellinie und Herzspitze kaum differenzierbar.

21b. Nach Aufblähung mit CO_2. Projektil außerordentlich deutlich zwischen 11. und 12. Rippe neben dem I. Lendenwirbel. Zwerchfell in scharfer Linie. Kontur der Herzspitze gut zu erkennen.

Röntgenaufnahme 6. XI. 1915.

Patient A. F. 36a. Vor 3 Jahren Schuß mit Revolver. Einschuß links vorne unter der Manilla. Jetzt keine Beschwerden. Untersuchung erfolgt zwecks militärischer Begutachtung.

Zusammenfassung.

Bemerkungen über physiologische und pathologische Bedeutung der Magenblase, Aërophagie; Beziehungen zur Rumination. Einfluß abnormer Magenblase auf den Zwerchfellstand.

Gasansammlungen im Dünndarm, besonders bei gleichzeitiger Stauung des flüssigen Inhaltes und Spiegelbildung sind pathognomonisch für Stenose oder Strangulation des Darmlumens.

Normaler und abnormer Gasgehalt im Dickdarm geben nicht selten allein schon — ohne Kontrasteinlauf — Aufschluß über Lage und Form des Kolons, speziell der Flexuren. Lageanomalien der rechten Flexur; abnorme Dehnung der linken Flexur und ihre Beziehung zur Eventratio diaphragmatica. Bedeutung der überdehnten linken Flexur, des Colon descendens (und Magen) für abnormen Zwerchfellstand und Herzlage.

Ansammlung freien Gases in der Bauchhöhle, subphrenischer Pyo-Pneumothorax.

Darstellung von Leber und Milz im Röntgenbild. Kontraststeigerung des Herzbildes.

Literatur.

1) Weber, Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen, Bd. XX, S. 453.
2) Löffler, Münchener med. Wochenschr. 1914, Nr. 14, S. 763.
3) Meyer-Betz, Münchener med. Wochenschr. 1914, Nr. 15, S. 810.
4) Rautenberg, Münchener med. Wochenschr. 1914, Nr. 18, S. 1014.
5) Chilaiditi, Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen, Bd. XVI, S. 173.
6) Rosenfeld, XXXI. Kongr. f. innere Med. 1914. Ref. Münchn. med. Wochenschr. 1914, Nr. 21, S. 1195
7) Schmaltz, Münchener med. Wochenschr. 1914, Nr. 10, S. 562.
8) Arnsperger, Deutsch. Arch. f. klin. Med., Bd. 93, S. 88.
9) Krause, Verhandlungen der deutschen Röntgengesellschaft 1913, Bd. IX, S. 27.
10) Kayser, Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen. Bd. XX, S. 240.
11) Lorey, Verhandlungen der deutschen Röntgengesellschaft 1912, Bd. VIII, S. 46.
12) Popper, Deutsch. med. Wochenschr. 1915, Nr. 35, S. 1085.
13) Alwens, Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen. Bd. XVI, S. 213.
14) Reinecke, Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen. Bd. XVI, S. 423.
15) Achelis, Münchener med. Wochenschr. 1910, Nr. 43, S. 2225.

Objektiver Befund: Etwas Auftreibung des Leibes. Leib namentlich in der rechten Seite (Leber?) druckempfindlich.

Röntgendurchleuchtung zeigt Befund wie Photographie.

Röntgendiagnose: Ptose und Ektasie des Magens, Eventratio diaphragmatica.

15. **Sehr starker Hochstand des linken Zwerchfelles.** Zwerchfellinie scharf, darunter große Magenblase. Magen mit Kontrastspeise gefüllt von lang ausgezogener Form, Herz nach rechts gedrängt.

Röntgenaufnahme 21. IV. 1915.

Röntgendiagnose: Eventratio diaphragmatica.

Patient E. K. 50a. Krankengeschichte siehe im Text Seite 6.

16. **Zwerchfellhochstand, links große Kolonblase** unter dem Zwerchfell. Herz mäßig nach rechts gedrängt. Aufnahme 5. VIII. 1915.

Röntgendiagnose: Eventratio diaphragmatica.

Patient Dr. V. Krankengeschichte siehe im Text Seite 6.

17. **Zwerchfell links** an der Seite des Thorax **in Höhe der 8. Rippe fixiert.** Scharfe Zwerchfelllinie von innen unten nach außen oben ansteigend, darunter große Magen- und Kolonblase. Geschoß links neben dem ersten Lendenwirbel. Aufnahme 18. IX. 1915.

Patient M. K. 27a. Oktober 1914 Lungensteckschuß.

Objektiver Befund: Rechts normale Lungengrenze, links seitlich Lungengrenze nicht sicher zu bestimmen.

Röntgendurchleuchtung zeigt Befund wie Photographie. Zwerchfell links nicht beweglich, Magen- und Darmbefund siehe Text Seite 6.

Röntgendiagnose: Fixation des Zwerchfelles an der seitlichen Thoraxwand, abnorme Magen- und Kolonblähung unterhalb des fixierten Zwerchfelles, Sanduhrmagen durch Strangulation.

18. Infiltration und Schwarte im Bereich des linken Unterlappens. **Zwerchfell seitlich hoch fixiert, darunter stark geblähtes Kolon.** Granatsplitter links seitlich zwischen 10. und 11. Rippe.

Röntgenaufnahme 16. X. 1915.

Patient L. W. 27a. Im März 1915 Lungenschuß.

Objektiver Befund: Links unten seitlich Dämpfung, unverschiebliche Lungengrenze.

Röntgendurchleuchtung wie auf Photographie.

19. **Schmales Exsudat mit kleinem Pneumothorax über dem Zwerchfell, darunter medial geblähtes Kolon, lateral zwischen Kolon und Bauchwand freies Gas.** Aufnahme 9. IX. 1915.

Patient K. O. 52a. Krankengeschichte siehe im Text Seite 7.

20. **Große halbmondförmige Gasblase zwischen Leber und rechtem Zwerchfell.** Zwerchfell rechts scharf. Innerhalb der Gasansammlung keine Haustrenbildung. (Aufnahme 24. V. 1912.)

Röntgendiagnose: Freies Gas zwischen Leber und Zwerchfell.

Patient J. M. 38a. Seit ca. einem Jahr Magenbeschwerden; besonders nach Genuß schwerer Speisen. Heftige Schmerzen und Erbrechen. Seit 3 Monaten Besserung. Am 7. V. abends plötzlich sehr heftiger Schmerz „wie ein Stich mit dem Messer“. Über Nacht hielten die Schmerzen an; am anderen Morgen war der Leib aufgetrieben. Auf Rizinusöl sechsmal Stuhlentleerung. Fieber bestand nicht. Am 23. V. kam er zur Aufnahme, in der Zwischenzeit nährte er sich von Milch, Eiern, Kaffee.

Objektiver Befund: Haut blaß, macht einen leidenden Eindruck. Thorax symmetrisch. Rechts unten geringes Nachschleppen. An Stelle der Leberdämpfung laute Tympanie. Herz nach links gedrängt. Abdomen aufgetrieben, namentlich das Epigastrium. Überall Tympanie, nirgends Dämpfung, auch in den abhängigen Partien nicht. Keine Leberdämpfung, dafür laute Tympanie.

Röntgendurchleuchtung wie Photographie. Zwerchfell bewegt sich mit der Respiration. In Rückenlage verschwindet die lufthaltige Partie bis auf einen kleinen Spalt vor der hochsteigenden Leber.

Röntgendiagnose: Perforation eines Magenulkus. Austritt von Magenluft in die freie Bauchhöhle.

Operation 29. V. 1912. 10 cm langer Schnitt entlang dem rechten Rippenbogen. Bei Eröffnung des Peritoneums Abfließen von wenig serösem Exsudat. Eine Abszeßhöhle wird nicht gefunden. Drainage. Nach und nach granuliert die Wunde unter Entfernung der Drains zu. Nahrungsaufnahme ohne Schwierigkeiten. Am 9. VII. Wunde verheilt. Leberdämpfung wieder an normaler Stelle, ebenso Cor. Leib überall weich.

Röntgendurchleuchtung: Zwerchfellhochstand rechts, schlechte Beweglichkeit, keine Luft mehr zwischen Zwerchfell und Leber. Magen (mit Kontrastspeise gefüllt) geschrumpft, an der kleinen Kurvatur

schneckenförmig aufgerollt. Antrum (bei seitlicher Durchleuchtung) nahe an der vorderen Bauchwand. Leichter Durchtritt von Wismutspeise in das Duodenum. Ausheberung des Magens: Achylie.

Röntgendiagnose: Ulcus am unteren Ende der kleinen Kurvatur.

21a. Geschoß in Höhe des I. Lendenwirbels, Lagebeziehung zu den Rippen undeutlich. Zwerchfellinie und Herzspitze kaum differenzierbar.

21b. Nach Aufblähung mit CO_2. Projektil außerordentlich deutlich zwischen 11. und 12. Rippe neben dem I. Lendenwirbel. Zwerchfell in scharfer Linie. Kontur der Herzspitze gut zu erkennen.

Röntgenaufnahme 6. XI. 1915.

Patient A. F. 36a. Vor 3 Jahren Schuß mit Revolver. Einschuß links vorne unter der Manilla. Jetzt keine Beschwerden. Untersuchung erfolgt zwecks militärischer Begutachtung.

Zusammenfassung.

Bemerkungen über physiologische und pathologische Bedeutung der Magenblase, Aërophagie; Beziehungen zur Rumination. Einfluß abnormer Magenblase auf den Zwerchfellstand.

Gasansammlungen im Dünndarm, besonders bei gleichzeitiger Stauung des flüssigen Inhaltes und Spiegelbildung sind pathognomonisch für Stenose oder Strangulation des Darmlumens.

Normaler und abnormer Gasgehalt im Dickdarm geben nicht selten allein schon — ohne Kontrasteinlauf — Aufschluß über Lage und Form des Kolons, speziell der Flexuren. Lageanomalien der rechten Flexur; abnorme Dehnung der linken Flexur und ihre Beziehung zur Eventratio diaphragmatica. Bedeutung der überdehnten linken Flexur, des Colon descendens (und Magen) für abnormen Zwerchfellstand und Herzlage.

Ansammlung freien Gases in der Bauchhöhle, subphrenischer Pyo-Pneumothorax.

Darstellung von Leber und Milz im Röntgenbild. Kontraststeigerung des Herzbildes.

Literatur.

1) Weber, Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen, Bd. XX, S. 453.
2) Löffler, Münchener med. Wochenschr. 1914, Nr. 14, S. 763.
3) Meyer-Betz, Münchener med. Wochenschr. 1914, Nr. 15, S. 810.
4) Rautenberg, Münchener med. Wochenschr. 1914, Nr. 18, S. 1014.
5) Chilaiditi, Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen, Bd. XVI, S. 173.
6) Rosenfeld, XXXI. Kongr. f. innere Med. 1914. Ref. Münchn. med. Wochenschr. 1914, Nr. 21, S. 1195
7) Schmaltz, Münchener med. Wochenschr. 1914, Nr. 10, S. 562.
8) Arnsperger, Deutsch. Arch. f. klin. Med., Bd. 93, S. 88.
9) Krause, Verhandlungen der deutschen Röntgengesellschaft 1913, Bd. IX, S. 27.
10) Kayser, Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen. Bd. XX, S. 240.
11) Lorey, Verhandlungen der deutschen Röntgengesellschaft 1912, Bd. VIII, S. 46.
12) Popper, Deutsch. med. Wochenschr. 1915, Nr. 35, S. 1035.
13) Alwens, Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen. Bd. XVI, S. 213.
14) Reinecke, Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen. Bd. XVI, S. 423.
15) Achelis, Münchener med. Wochenschr. 1910, Nr. 43, S. 2225.

Eine seltene Röntgenreaktion.

Von

Prof. Dr. **Levy-Dorn,** Berlin, leitender Arzt am Rudolf-Virchow-Krankenhaus.

Die biologischen Wirkungen der Röntgenstrahlen können verschieden ausfallen, je nachdem sie einen gesunden oder kranken Körper treffen. In den röntgenologischen Büchern sind meines Wissens bisher nur die Reaktionen bei Gesunden — und bei Kranken, soweit sie im wesentlichen mit ihnen übereinstimmen — zusammenfassend behandelt, während im übrigen die Reaktionen der Kranken nur gelegentlich in der speziellen Röntgentherapie neben dem Einfluß der Strahlen auf das kranke Gewebe erwähnt werden.

In demselben Grade, in welchem die krankhaften Zustände weniger erforscht sind als die gesunden, vermehren sich die Schwierigkeiten, einwandsfreie Beobachtungen anzustellen, so daß wir für das entsprechende Röntgenkapitel noch fleißig Bausteine zusammentragen müssen. Es sei daher der folgende Fall mitgeteilt.

Der 41 Jahre alte Patient (der Patient stammt aus der Abteilung des Prof. Dr. Brandenburg, Stationsarzt Dr. Zickel) wurde mir am 30. September 1914 zur Röntgenbehandlung vorgestellt.

Er hatte sich am 8. September 1914 eine Halsentzündung zugezogen, zu der noch an demselben Tage eine Schwellung der linken Halsseite trat. Behandlung mit essigsaurer Tonerde; Zunahme der Schwellung innerhalb dreier Tage. Am 12. September 1914 an der linken Halsseite wegen Drüsenschwellung operiert. Zwei Tage später soll sich rechts am Halse eine Schwellung eingestellt haben, die bis jetzt ständig zugenommen hat. In der Tat zeigte sich eine 2-fauststarke Drüsengeschwulst in der rechten Submaxillargegend und hinter dem rechten Ohre, und ein faustgroßer Tumor links.

Die Drüsen werden von 2 Seiten mit $1\,^1/_2$ S.-N. (Sabouraud et Noiré) unter einem Filter von 3 mm Aluminium bestrahlt. Insbesondere am

1. X. 1914. Rechts die obere und untere Hälfte von der vorderen Seite.

2. X. 1914. Rechts die hintere Seite, links die vordere Gegend.

Es stellte sich alsbald eine Hämaturie ein, die am 6. ihren Höhenpunkt erreichte und bis zum 14. fast vollständig abklang. Zugleich Ziehen in den Drüsen, geringe Temperatursteigerung mit schlechtem Allgemeinbefinden. Am 14. X. 1914 wurde die Wunde bestrahlt — also die drüsenfreie Gegend, die Hämaturie nahm nicht zu. Zugleich mit der Hämaturie, Albumen und Zylinder. Am 6. XI. 1914 Bestrahlung wie am 1. und 2. X. 1914. Die Blutung nahm stark zu und fiel plötzlich am 18. XI. 1914 ab. Die Drüsen verkleinerten sich bedeutend und wurden erheblich weicher.

24. und 25. XI. 1914 — dritte Bestrahlung, rechts je $^1/_2$ S.-N. vorn und hinten. Wiederum starke Hämaturie, schnell ansteigend, am 26. XI. 1914 auf der Höhe. Vom 4.—8. XII. 1914 allmählich abflauend.

Mit der Hämaturie entstanden wie auch früher Temperatursteigerungen bis 38,5° und schlechtes Allgemeinbefinden, Appetitlosigkeit, Schmerzen in den Drüsen.

Am 9. XII. 1914 fühlt sich Patient wieder wohl.

30. XII. 1914 Befinden bis dahin gut; Eiweißspuren im Urin, aber keine Hämaturie. Drüsen wieder sehr dick und hart. $1\,^1/_2$ S.-N. werden verabfolgt.

3. I. 1915 Ohnmacht und bis zum 5. I. 1915 starke Blutung. Temperatur stieg bis 39,9°. Drüsen schmerzten wieder.

20. I. 1915. Patient ist wieder wohl.

Es wurden nunmehr kleinere Dosen je 1 S.-N. einen Tag um den andern an verschiedenen Stellen gegeben und zwar am 28. I. 1915 rechts am Hals, am 30. I. 1915 unter dem rechten Ohre, 2. II. 1915 rechts am Hals, 4. II. 1915 desgl., 6. II. 1915 links am Hals, 8. II. 1915 desgleichen.

Vom 8.—10. II. 1915 nur wenig Blut im Urin, kein Fieber. Patient fühlt sich wohler.

20. II. 1915. Hals rechts unter, 22. II. 1915 links hinter dem Ohre, 24. II. 1915 rechts in Mitte des Halses, 25. II. 1915 rechts hinter dem Ohre mit je 1 S.-N. bestrahlt.

Links verkleinerten sich die Drüsen erheblich, rechts unbedeutend. Urin wurde etwas blutig; Ziehen in der rechten Halsseite.

Es folgten noch einige Bestrahlungen mit je 1 S.-N., und zwar 13. u. 15. III. Milz — 18., 20. III. rechte Halsdrüse. 6. IV. Milz — 17. IV. linke Halsdrüse — 20. IV. neue Drüse am rechten Schulterblatt.

Außer der Bestrahlung wurden Natron cacodylicum und Jod angewandt, welche keinen sichtlichen Einfluß auf Hämaturie ausübten.

Ende April nahmen die Drüsen wieder erheblich an Umfang zu. Es stellte sich Atemnot und Schmerzen in Gegend des rechten Schultergelenks ein. Patient magerte stark ab. Rechts, weniger links fühlte man zum Teil knotige Drüsentumoren am Halse und der Fossa supraclavicularis. Am 18. V. 1915 trat der Tod ein, nachdem sich einige Tage vorher Heiserkeit und Atemnot eingestellt hatten.

Im Urin fanden sich zuletzt noch zahlreiche rote Blutkörperchen.

Die Sektion ergab: Großzelliges Sarkom der Halsdrüsen, Metastasen der mediastinalen Lymphdrüsen, Nephritis interstitialis chronica, Oedema pulmonum, Bronchitis chronica.

Die bestrahlten Drüsentumoren zeigten sich beim Durchschnitt als harte derbe pankreasähnliche Massen, während die nicht bestrahlten Mediastinaldrüsen weiche, etwas graue Knoten bildeten.

Im mikroskopischen Präparat des bestrahlten Tumors überwog bei weitem ein derbes Bindegewebe, während die Tumorzellen zum größten Teil verschwunden, oder mehr oder weniger zerfallen waren.

Im geschilderten Falle wurde also ein grobzelliges Sarkom der Lymphdrüsen durch Röntgenstrahlen mehr oder weniger unter Wucherung des Bindegewebes zum Schwund gebracht, wobei nach verhältnismäßig kleinen Tiefendosen eine schwere Störung des Allgemeinbefindens mit Fieber und Hämaturie auftrat. Dabei bestand eine chronische Nephritis.

Man kann mit größter Wahrscheinlichkeit annehmen, daß die durch Bestrahlung des Sarkoms entstandenen Toxine die kranke Niere reizten und so die Hämaturie erzeugten.

Wir können hier auch von einer Idiosynkrasie gegen Röntgenstrahlen reden, insofern sich das Eintreten einer Hämaturie nicht voraus sehen ließ. Denn zahlreiche ähnlich Erkrankte wurden bisher und werden noch ohne die geschilderten Folgen bestrahlt. — Zum Begriff der Idiosynkrasie gehört ja nicht die Voraussetzung, daß das reagierende Individuum gesund sei.

Die vorliegende Beobachtung lehrt unter anderem, daß wir bei Bestrahlungen mehr, als bisher das Verhalten des Urins überwachen sollten.

Die Fürstenausche Siedekühlröhre und ihre Anwendung im praktischen Betriebe.

Von
Dr. **Fritz M. Meyer**, Berlin.

Die Ausbildung der Tiefentherapie und die Einführung filtrierter Röntgenstrahlen für die Behandlung von Hautkrankheiten hatten die Notwendigkeit zur Folge, an die Röntgenröhren erhöhte Anforderungen zu stellen. Sie mußten nicht nur imstande sein, bei entsprechender Belastung den gewünschten Härtegrad zu liefern, sondern auch ohne Gefahr des Weicherwerdens oder sonstige Störung mehrere Volldosen hintereinander zu verabreichen. Der sich zeigenden Schwierigkeiten suchte man auf verschiedenen Wegen Herr zu werden, die, von einigen Ausnahmen abgesehen, den richtigen Gedanken gemeinsam hatten, die im Betriebe an der Antikathode entstehende Wärme abzuleiten. Am geeignetsten erschien hierzu das kühle Wasser, dessen gleichmäßige Temperatur durch die komplizierte Zuhilfenahme von Zirkulationspumpen und Kühlgefäßen erhalten wurde. Sah man aber von letzterem ab und beschränkte sich auf die einmalige Füllung mit kaltem Wasser, so konnte man im Betriebe der Wasserkühlröhre drei Phasen unterscheiden. Zunächst hatte die Röhre die Neigung, erheblich härter zu werden, sie arbeitete unruhig und lud sich statisch auf, dann wurde das Wasser heißer und das Röhrenlicht gleichmäßiger, Milliampèremeter und Qualimeter nahmen die ursprünglichen Werte an und behielten dieselben bei; schließlich siedete das Wasser, der Dampf drang in die Außenluft, schlug sich auf die Röhrenwand nieder, wodurch die Gefahr eines Durchschlages entstand, und die Röhre fing an, weicher zu werden.

Aus diesen Betrachtungen erhellt schon die Möglichkeit, mit warmem Wasser ein konstanteres, ruhigeres Röntgenlicht als mit kaltem Wasser zu erzielen. Albers-Schönberg gebührt das Verdienst, diesen Gedanken zum Ausdruck gebracht zu haben, während Bucky vor nicht zu langer Zeit ihm eine konkretere Form in Gestalt einer entsprechend angelegten Röhre gab. Auf Veranlassung von Fürstenau hat auch jetzt die Radiologiegesellschaft dem Prinzip der Kühlung mit warmem Wasser durch Einführung des sogen. Siedekühlers Rechnung getragen. Um sich eine Kühlung der Antikathode mit warmem Wasser zu erklären, muß man sich gegenwärtig halten, daß die Temperatur des kochenden Wassers von 100° immer noch erheblich unter derjenigen der Antikathode liegt, also noch reichlich Wärme von ihr in sich aufnehmen kann. Wichtig ist nun — dies ist ja nach dem oben Gesagten einleuchtend —, einen Niederschlag des Wasserdampfes auf die Glaswand zur Vermeidung eines Durchschlages zu verhindern. Fürstenau hat durch seinen Siedekühler diese Aufgabe in äußerst sinnfälliger Weise gelöst. Er läßt den beim Sieden entstehenden Wasserdampf die sich bei der Antikathode bildende Wärme, in Form latenter Verdampfungswärme, aufnehmen. Da dieselbe 539 mal so groß ist als die spezifische Wärme des Wassers, so strömt mit dem Wasserdampf eine große Wärmemenge von der Antikathode in den Siedekühler hinein. Hier wird er in einem System von Röhren zur Kondensation gebracht und fließt wieder in das Kühlgefäß zurück, nachdem er die Antikathodenwärme als Kondensationswärme abgegeben hat. Durch eine entsprechende Anordnung wird der Austritt des Wasserdampfes in die Außenluft verhindert, ohne daß die Verbindung zwischen ihr und dem Siedekühler fortfällt. Die Wassermenge des Behälters kann sich also nie ändern.

Tatsächlich ist auf diese Weise Fürstenau gelungen, das warme Wasser als Kühlungsmittel nicht nur in richtiger, sondern auch in denkbar einfachster Weise in den Röntgenbetrieb einzuführen. Der Siedekühler hat den großen praktischen Vorzug, daß er von der Röntgenröhre abgeschraubt und jeder anderen Röhre gleichen Modells wieder aufgesetzt werden kann.

Ich habe recht lange nun mit ihm gearbeitet und mich von seinem großen Werte hinreichend überzeugen können. Ich begrüße ihn nicht nur als Fortschritt in wissenschaftlicher Beziehung, sondern freue mich über die Möglichkeit, ohne Verwendung eines Hilfsinstrumentariums meine Röhre ohne Unterbrechung bedenkenlos gebrauchen zu können. Ich habe die Röhre angestrengt benutzt und sie mehrmals über eine Stunde ohne Pause laufen lassen. Sie lief entweder völlig konstant oder zeigte geringe Neigung zum Härterwerden, die letztere Beobachtung hängt damit zusammen, daß ich die Röhre, mit der ich meine Versuche machte, sehr lange schon im Betriebe habe, und sich infolgedessen bei ihr zahlreiche Metallniederschläge vorfinden, die das Härterwerden ja ohne weiteres erklären. Wichtig ist jedoch, den Kühlmittelbehälter nur bis zu $^1/_3$ seines Volumens mit Wasser aufzufüllen. Nimmt man nämlich ein reichlicheres Quantum, wie man es bei der Kühlung mit kaltem Wasser gewohnt war, so ist der Druck der Wassersäule ein so großer, daß der Dampf nicht den Behälter verlassen kann und die Röhre infolge der Unmöglichkeit, die Antikathodenwärme abzuführen, weicher werden muß. So erklärt sich wohl auch die eingangs erwähnte, bei der Kühlung mit kaltem Wasser gemachte Beobachtung, daß die Röhre beim Sieden des Wassers weicher wurde.

Moderne Strahlentherapie.

Von

Dr. Karl Bangert.

Eine neue Epoche in der Physik begann, als der große Physiker Hertz die experimentellen Ergebnisse seiner Forschungen über den Zusammenhang des Lichtes mit der Elektrizität in seiner berühmten Rede auf der Naturforscherversammlung in Heidelberg 1889 in die Worte zusammenfaßte: „Das Licht ist eine elektrische Erscheinung, das Licht an sich, das der Kerze, das eines Glühwurms. Nehmt aus der Welt die Elektrizität, und das Licht verschwindet; nehmt aus der Welt den lichttragenden Äther, und die elektrischen und magnetischen Kräfte können nicht mehr den Raum überschreiten. In jeder Flamme, in jedem leuchtenden Atom sehen wir einen elektrischen Prozeß. Auch wenn ein Körper nicht leuchtet, so lange er nur Wärme ausstrahlt, ist er der Sitz elektrischer Erregungen."

Freilich hatten sich die Physiker bereits lange mit den Lichtstrahlen und mit der Elektrizität beschäftigt, hatten die Gesetze aufgestellt und experimentell begründet, nach denen die Lichterscheinungen vor sich gehen und denen der elektrische Strom gehorcht. Über die Natur dieser Erscheinungen gab es aber nur Vermutungen, die häufig zu einem Widerstreit der Meinungen führten. Keine Hypothese konnte allgemeine Gültigkeit für sich beanspruchen, zumal mannigfache Ausnahmen gefunden wurden, die entgegen dem bekannten Sprichwort die Regel nicht zu bestätigen schienen. Da kam nun Hertz und wies nach, was der englische Physiker Maxwell bereits vor ihm theoretisch vorausgesagt hatte, daß die Lichtstrahlen und die elektromagnetischen Schwingungen wesensgleich sind. Trotzdem wollte der alte Widerstreit nicht verstummen; wurden doch in der Folgezeit weitere Strahlen mit Lichtwirkung entdeckt, die nicht in die gemeinsame Grundform der Maxwell-Hertzschen Anschauungen passen wollten. Es waren das die Kathodenstrahlen, die Kanalstrahlen, die Röntgenstrahlen und schließlich die radioaktiven Strahlungserscheinungen. Kein Wunder, daß sich die Physiker eifrig mit diesem Problem beschäftigten. Ihren Forschungen ist es zu verdanken, daß die Gültigkeit des Hertzschen Ausspruches für alle Strahlengattungen feststeht, sofern es sich nicht um solche korpuskularer Natur handelt.

Auch der Mediziner hatte sich frühzeitig mit all den bekannten Strahlengattungen beschäftigt; fand er doch, daß sie ihm eine wichtige Stütze waren, Heilungsvorgänge mannigfacher Art einzuleiten, zu fördern, oder gar zu völligem Gelingen zu bringen. Für ihn ist die Strahlentherapie ein Gebiet, das heute nicht nur die Behandlung mit Sonnenstrahlen, sondern auch mit Wärme- und Lichtstrahlen, mit ultravioletten, Röntgen- und Radiumstrahlen umfaßt.

Diese Strahlen, in der Physik als elektromagnetische Schwingungen gekennzeichnet, sind nach unseren heutigen Anschauungen Wellenbewegungen des Äthers. Vorgänge mit Schwingungscharakter begegnen uns auf vielen Gebieten der Physik. Der Name „Schwingung“ stammt aus dem Ideenkreis der Mechanik. Er wird aber in übertragenem Sinne auch dort gebraucht, wo es sich nicht, wie z. B. beim Pendel, um eine wirkliche Bewegung einer Masse handelt, sondern um Veränderungen irgend welcher Größen, deren zeitlicher Ablauf durch dieselben formalen Mittel darstellbar ist.

Erteilt man einem ruhenden Pendel einen Stoß, so erhält man einen Verlauf seiner Schwingung, wie Figur 1 darstellt. Man kann die Linie so erzeugen, daß man an dem Pendel einen Schreibstift befestigt und die Zeichenfläche unter ihm mit gleichmäßiger Geschwindigkeit fortbewegt. Man erhält dann die in der Figur dargestellte Linie, die man bestimmter mathematischer Eigenschaften wegen als Sinuslinie bezeichnet. Die größte Entfernung von der Ruhelage nennt man Amplitude der Schwingung (Schwingungsweite). Nach regelmäßigen Zeitabschnitten kehren dieselben Werte des Schwingungszustandes wieder. Ein solcher Zeitabschnitt heißt Schwingungsdauer oder Periode der Schwingung. In dieser Zeit vollzieht sich also eine ganze Schwingung. Geschehen in der Zeiteinheit, z. B. in der Sekunde, n ganze Schwingungen, so nennt man n die Schwingungszahl.

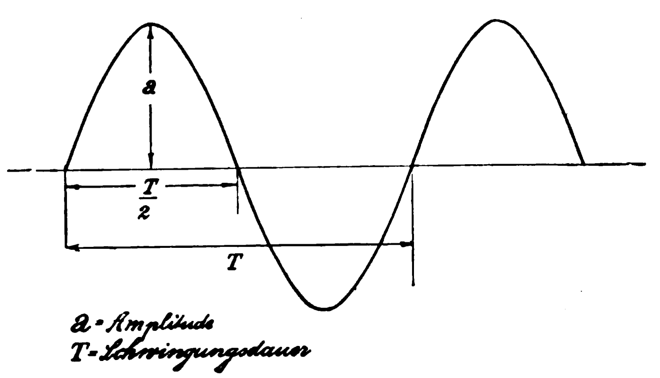


Fig. 1. Schwingungslinie.

Befindet sich ein System in Schwingung, so werden sich seine zeitlich aufeinanderfolgenden Zustandsänderungen dem umgebenden Medium (Wasser, Luft, Äther) mitteilen und sich in ihm ausbreiten. Jeder Punkt des Mediums wird also nach und nach dieselben Zustandsänderungen erleiden, die das Erregungszentrum durchlaufen hat, nur um so mehr verspätet, je entfernter er vom Zentrum gelegen ist; wir sprechen dann von einer fortschreitenden Welle. Schreitet man vom Erregungszentrum aus mit der Welle fort, so werden sich die Zustände innerhalb bestimmter aneinander grenzender Strecken gleicher Länge wiederholen; die Größe dieser Strecken bezeichnet man als die Wellenlänge der fortschreitenden Welle.

Bei den elektromagnetischen Schwingungen im besonderen handelt es sich um periodische Störungen im elektrischen Zustand des Äthers von irgendeinem Energiezentrum aus, mit denen magnetische Feldänderungen Hand in Hand gehen. Die Anwendung dieser Theorie der elektromagnetischen Störungen auf die Optik war von Maxwell mathematisch formuliert worden, und in der Tat konnte seine elektromagnetische Lichttheorie die optischen Erscheinungen ebenso gut beschreiben, wie es die bis dahin geltende elastische Theorie vermochte, die jedoch im Laufe der Zeit manche neu auftretenden Erscheinungen nicht erklären konnte und daher Ergänzungen bedurfte.

Ihre Hauptstütze fand die elektromagnetische Theorie in der Übereinstimmung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit elektromagnetischer Störungen im Vakuum mit der Lichtgeschwindigkeit im Vakuum (300000 km in der Sekunde), was den Schluß nahelegte, daß das Licht eine elektromagnetische Erscheinung sei. Zur Herrschaft konnte die Theorie nur gelangen, wenn es möglich war, zu zeigen, daß die Ausbreitung elektromagnetischer Zustandsänderungen in dem Raum wirklich wellenförmig mit einer endlichen Ausbreitungsgeschwindigkeit erfolgte. Diesen Schlußstein hat, wie eingangs erwähnt, Hertz zu diesem Gebäude gefügt. Die Entsendung von Wellen durch einen der von Hertz in recht einfacher Weise gebauten Erreger oder durch einen modernen Sender der drahtlosen Telegraphie, wie ihn Hertz gar nicht geahnt hat, und die Ausstrahlung von Licht, gleichgültig welcher Farbe, durch leuchtende Körper, erschienen also als physikalisch vollkommen gleichartige Vorgänge. Hertz konnte daher in seiner oben-

erwähnten Rede fortfahren: „Die Herrschaft der Optik beschränkt sich nicht mehr auf Ätherwellen, welche Bruchteile eines Millimeters messen, sie gewinnt Wellen, deren Längen nach Dezimetern, Metern und Kilometern rechnen." Der Unterschied besteht nur in der verschiedenen Länge der ausgestrahlten Wellen und demgemäß auch in der Größe der als Strahlungsquelle dienenden Gebilde.

Auf die Frage nach der Art der Erregung der Schwingungen in einem Leuchtkörper soll nicht eingegangen werden, da sie sich nur durch nicht genügend erhärtete Annahmen beantworten läßt.

Was die Erzeugung der Hertzschen Wellen — also der elektromagnetischen Schwingungen im engeren Sinne — angeht, so war sie, wie bereits oben angedeutet, recht einfacher Art; wurden doch Schwingungen erzeugt, die bereits nach 10—20 Schwingungen auf einen verschwindend kleinen Bruchteil ihres Anfangswertes herabgesunken waren; es waren gedämpfte Schwingungen. Später hat man auch Systeme ersonnen, um langdauernde Schwingungen von gleichbleibender Amplitude, also ungedämpfte Schwingungen zu erzeugen, worauf aber an dieser Stelle nicht näher eingegangen werden kann.

Außer diesen Strahlungserscheinungen, dem Licht und den elektrischen Schwingungen, gab es aber noch eine Reihe weiterer und es wurden deren in der Folgezeit noch mehr entdeckt, die von vornherein nicht mit der Maxwellschen Theorie in Einklang zu bringen waren.

Bereits 1800 hatte Herschel gezeigt, daß auch jenseits des roten Endes des sichtbaren Spektrums Strahlen vorhanden seien, die ein empfindliches Thermometer zu erwärmen vermochten. Es dauerte aber sehr lange, bis die heute selbstverständliche Überzeugung von der physikalischen Identität der Wärme- und der Lichtstrahlen sich Bahn brach und man einsah, daß die Wärmestrahlen Lichtstrahlen großer Wellenlänge sind und sich vom Licht nur durch eine verschiedene physiologische Wirkung unterscheiden. Die Hertzschen Versuche ordneten auch diese Strahlen der elektromagnetischen Strahlung unter, zu der sich dann auch die ultravioletten Strahlen der kurzwelligen Seite des sichtbaren Spektrums gesellten.

Weiterhin entdeckte man in Entladungsröhren eine neue Art von Strahlen, die man Kathodenstrahlen nannte. Wir wissen heute, daß wir es bei den Kathodenstrahlen mit negativ geladenen Teilchen von äußerst geringer Masse zu tun haben. Sie sind magnetisch und elektrisch ablenkbar und bewegen sich meist mit einer großen Geschwindigkeit, die die Lichtgeschwindigkeit nicht erreicht. In dem Kathodenstrahlrohr hat man nun noch eine Strahlengattung entdeckt. Es sind das die von Goldstein zuerst nachgewiesenen Kanalstrahlen, die unter geeigneten Bedingungen auf der Rückseite der Kathode entstehen, und denen man aus ihren Eigenschaften, ebenfalls magnetisch und elektrisch ablenkbar zu sein, und aus dem Sinne der Ablenkung eine positive Ladung zuschreiben mußte.

Beide Arten von Strahlen sind also wesentlich von den Strahlen elektromagnetischer Natur verschieden und ihnen nicht unterzuordnen. Dagegen vermögen sie beim Auftreffen auf gewisse Mineralien diese zu lebhafter Fluoreszenz zu erregen. So fluoresziert z. B. der an und für sich farblose Dolomit intensiv gelb-rötlich, die Koralle zeigt eine schöne violette Fluoreszenz. Die Fluoreszenz des Willemits (Zinksulfat) und des Scheelits (wolframsaures Kalzium) ist allgemeiner bekannt, da man diese beiden Mineralien als Hauptsubstanzen für Leuchtschirme zum Nachweis dieser Strahlen verwendet.

Nun erzeugen Kathodenstrahlen, wenn sie auf gewisse Körper auftreffen, nicht nur Fluoreszenz, sondern auch Röntgenstrahlen; wurde doch als Ursprungsort der Röntgenstrahlen zuerst die Glaswand der Kathodenstrahlröhre entdeckt und bald darauf nachgewiesen, daß eine Reihe von Metallen wirksamere Erreger für Röntgenstrahlen sind, wenn Kathodenstrahlen auf sie auftreffen. Was lag da näher, als eine enge Verwandtschaft zwischen den Lichtstrahlen und den Röntgenstrahlen zu vermuten. Und tatsächlich wurde diese Verwandtschaft auch einwandfrei und lückenlos nachgewiesen, so daß wir heute mit Sicherheit den Röntgenstrahlen eine bestimmte Wellenlänge zuschreiben können, die allerdings hunderttausendmal kleiner ist, als die kürzeste Wellenlänge des sichtbaren Lichtspektrums.

Die Versuche, ob auch der umgekehrte Vorgang möglich sei, ob also Körper, die durch irgendwelche Mittel zur Fluoreszenz gebracht werden, Kathodenstrahlen aussenden, führten zur Entdeckung der Radioaktivität. Ihr Entdecker, Becquerel, wurde durch Röntgens Entdeckung angeregt, fluoreszierende Substanzen auf Strahlung zu untersuchen und fand, daß Uran und seine Salze dauernd und unabhängig von vorhergehender Belichtung eine Strahlung aussenden, welche photochemische Wirkungen auszuüben vermag und die Luft ionisiert. Wir wissen heute, daß wir es bei den radioaktiven Erscheinungen mit einem Zerfall von Atomen zu tun haben, und daß drei verschiedene Strahlensorten — das begrenzte Thema verbietet näher darauf einzugehen — nachgewiesen wurden, die α-, β- und γ-Strahlen. Obwohl meistens alle drei Strahlengattungen gemeinsam auftreten, so können sie doch vermöge ihrer verschiedenen Eigenschaften leicht getrennt werden. α- und β-Strahlen sind magnetisch und elektrisch ablenkbar; die letzten führen negative Ladungen mit sich, sind also mit den Kathodenstrahlen zu identifizieren; die α-Strahlen sind in eine Parallele mit den Kanalstrahlen zu stellen, da sie sich als Strahlen von positiv geladenen Teilchen erwiesen. Die γ-Strahlen werden auf Grund gleicher Eigenschaften, wie Durchdringungsfähigkeit, Fehlen der Ablenkung durch magnetisches und elektrisches Feld und Ionisierung der Luft mit den Röntgenstrahlen in Parallele gestellt. Man schreibt ihnen auch eine bestimmte Wellenlänge zu, spricht sie also als Ätherschwingungen an, doch muß die Wellenlänge kleiner sein als die der Röntgenstrahlen; es fehlt noch der strenge experimentelle Beweis, die Schlüsse wurden bisher auf indirektem Wege gezogen.

Im folgenden sind die bisher besprochenen bekannten Strahlengattungen in einer übersichtlichen Tabelle zusammengestellt.

1. Strahlen vom Wellencharakter.

Gemeinsam ist ihnen: die Fortpflanzungsgeschwindigkeit 3.10^{10} cm/Sek.

Art	Wellenlänge	Ursprung
Hertzsche Wellen	10000 m bis 6 mm	Entladungen (drahtlose Telegraphie)
Wärmestrahlen (Ultrarote Strahlen)	0.5 mm bis 0.0008 mm	Heiße Körper
Lichtstrahlen (Sichtbares Spektrum)	0.0008 mm bis 0.0003 mm	Glühende Körper
Ultraviolette Strahlen	0.0003 mm bis 0.0001 mm	Weißglühende Körper Quecksilberlampe
Röntgenstrahlen	0.000000005 mm bis 0.000000001 mm	Bei Auftreffen von Kathodenstrahlen auf feste Körper
γ-Strahlen	Kleiner als 0.000000001 mm	Radioaktive Körper

2. Korpuskularstrahlen.

Gemeinsam ist: magnetische und elektrische Ablenkbarkeit.

	Geschwindigkeit	
	Strahlen von negativ geladenen Teilchen	
β-Strahlen	Bis 3.10^{10} cm/Sek. (Lichtgeschwindigkeit)	Radioaktive Körper
Kathodenstrahlen	Bis 2.10^{9} cm/Sek.	Elektrische Entladungen in Vakuumröhren
	Strahlen von positiv geladenen Teilchen	
α-Strahlen	etwa 1/20 Lichtgeschwindigkeit	Radioaktive Körper
Kanalstrahlen	10^{7} cm bis 10^{8} cm	Elektrische Entladungen in Vakuumröhren

Wir haben danach zwei große Gruppen zu unterscheiden, einmal die Strahlen vom Wellencharakter, bei denen die Fortpflanzungsgeschwindigkeit, 300 000 km in der Sekunde, die gleiche ist, und denen die Eigenschaften der Reflexion, der Beugung, der Interferenz gemeinsam sind. In diese Gruppe gehören die Hertzschen elektromagnetischen Wellen, die Wärmestrahlen, die sichtbaren Lichtstrahlen, die ultravioletten Strahlen, sowie nunmehr auch die Röntgenstrahlen und die γ-Strahlen. Die Tabelle läßt die Wellenlänge der einzelnen Strahlen sowie ihre Entstehung erkennen.

Die zweite Hauptgruppe bilden die Korpuskularstrahlen. Ihnen ist die Ablenkung durch magnetische und elektrische Felder gemeinsam. In die Unterabteilung der Strahlen von negativ geladenen Teilchen gehören nach dem Gesagten die β-Strahlen und die Kathodenstrahlen. Die α-Strahlen und die Kanalstrahlen bilden die zweite Unterabteilung, die Strahlen von positiv geladenen elektrischen Teilchen. Die Tabelle gibt auch die Art der Entstehung an, sowie die Geschwindigkeiten, mit der sich die Korpuskeln in der Strahlungsrichtung fortbewegen. Die Gruppe der Korpuskularstrahlen scheidet aus unseren weiteren Betrachtungen aus.

Die Analyse der Strahlung elektromagnetisch schwingender Systeme ist in vieler Beziehung von äußerster Wichtigkeit. So hat die von Kirchhoff und Bunsen begründete Analyse der Strahlung leuchtender Körper neue Gebiete der Forschung erschlossen. Eine solche Spektralanalyse in weiterem Sinne ist ebenso für die genauere Definition der einzelnen Strahlengruppen von Bedeutung.

Die verschiedenen Methoden der Strahlungsanalyse sind prinzipiell fast alle im ganzen Bereich des elektromagnetischen Spektrums anwendbar, wenngleich es zweckmäßig sein wird, der einen oder anderen Methode in einzelnen Bereichen den Vorzug zu geben. Man hat sie auch in der Tat für verschiedene Bereiche anzuwenden gesucht und es gelang auch, nahezu alle wichtigeren optischen Versuche mit Hilfe der eigentlichen elektrischen Wellen nachzuahmen. So wurden die Brechung und die Konzentration der elektrischen Strahlen nachgewiesen, ferner Interferenzerscheinungen mit einer der bekannten Fresnelschen Spiegelmethode entsprechenden Anordnung. Auch der Nachweis der Reflexion und der Polarisation glückte. Im großen und ganzen waren also Prisma und Beugungsgitter — nur in anderen, größeren Dimensionen — die Hilfsmittel, die der Optik entnommen wurden. Andererseits fanden die klassischen Hertzschen Versuche ein Gegenstück in ihrer Übertragung auf die Optik, womit die völlige Analogie hergestellt war.

Konnte somit die elektrische Strahlung ebenso zerlegt werden, wie es bei der Spektralanalyse leuchtender Körper möglich war, so wurden auch Methoden zur qualitativen und quantitativen Untersuchung der zerlegten Strahlung ersonnen.

Im Gebiet der Hertzschen Schwingungen hat man besondere Resonatoren, die auf die Schwingungen ansprechen und somit die ausgestrahlte Wellenlänge genau bestimmen, was z. B. bei den Empfangsstationen der drahtlosen Telegraphie von äußerster Wichtigkeit ist.

Die Schwingungen im Lichtspektrum werden von der Netzhaut unseres Auges wahrgenommen. Die Zapfen der Netzhaut wirken also hier als Resonatoren. Am stärksten wird das Auge von Gelb beeinflußt, da hier die größte Helligkeit im Sonnenspektrum liegt. Seine Erregung nimmt nach dem roten Ende des Spektrums ziemlich stark ab, während sie nach dem blauen und violetten langsamer abnimmt.

Die Wärmewirkung mißt man mit Thermometern oder den empfindlicheren Thermoelementen und Bolometern. Sie hat ihren Höchstwert auf der Grenze zwischen Rot und Gelb. Die quantitative Untersuchung des kurzwelligen Spektrums, auf das das Auge nicht mehr reagiert, erfolgt auf photochemischem Wege mit Hilfe der photographischen Platte, deren Empfindlichkeit im Gelb beginnt und auch für die äußersten Wellenlängen der Röntgen- und γ-Strahlen vorhanden ist.

Betrachten wir noch einmal den gesamten Bereich des gesamten elektromagnetischen Spektrums in folgender Tabelle, in der die Wellenlänge mit den Wechselzahlen in der Sekunde

zusammengestellt ist. Je kleiner die Wellenlänge, um so größer die Wechselzahl. Die Tabelle zeigt auch, daß noch manche Lücke in diesem Spektrum klafft, wenn auch seit Hertz bis in die jüngste Zeit hinein große Fortschritte gemacht worden sind, von der elektrischen und der optischen Seite her die Lücke zu verkleinern.

	Wechselzahl	Wellenlänge [1])
Weiche Röntgenstrahlen	3.10^{20}	$0{,}000002.10^{-3}$ mm $= 0{,}02\ \mu\mu$
Ultraviolettes Licht	$6.10^{15} = 6000$ Billionen	$0{,}1.10^{-3}$ mm $= 100\ \mu\mu$
Ende des sichtbaren Lichts	$2.10^{15} = 2000$ Billionen	$0{,}3.10^{-3}$ mm $= 300\ \mu\mu$
Natriumlicht	$1.10^{15} = 1000$ Billionen	$0{,}6.10^{-3}$ mm $= 600\ \mu\mu$
Anfang des sichtbaren Lichts	$7.10^{14} = 700$ Billionen	$0{,}8.10^{-3}$ mm $= 800\ \mu\mu$
Wärmestrahlen	$6.10^{13} = 60$ Billionen	10.10^{-3} mm $= 10\ \mu$
längster Wärmestrahl	$1{,}2.10^{12} = 1{,}2$ Billionen	500.10^{-3} mm $= 500\ \mu = 0{,}5$ mm
schnellste bekannte elektrische Schwingung	$1.10^{11} = 100$ Milliarden	6 mm
schnellste von Hertz verwendete Schwingung	$10^{9} = 1$ Millarde	60 cm
Schwingungen der drahtlosen Telegraphie	$10^{6} = 1$ Million 10^{5}	600 m 6000 m
Wechselstrom der Kraftzentralen	10^{2}	6000 km

Noch anschaulicher werden vielleicht die Verhältnisse durch Fig. 2.

Auf der horizontalen Geraden ist eine Einteilung nach Millimeter Wellenlänge vorgesehen, und zwar ist die Einteilung so getroffen, daß von der Mitte aus die Graduierung nach Zehner-Potenzen fortschreitet. Wir haben also von der Mitte aus nach links die Wellenlänge $10^1 = 10$ mm, $10^2 = 100$ mm, $10^3 = 1000$ mm usw. Von der Mitte aus nach rechts sind die Wellenlängen kleiner als 1 mm eingetragen, und zwar $10^{-1} = 1/10$ mm, $10^{-2} = 1/100$ mm usw. Wir haben dann nach der Seite der großen Wellenlängen hin die elektrischen Schwingungen und zwar am äußersten Ende die Schwingungen, die die drahtlose Telegraphie verwendet.

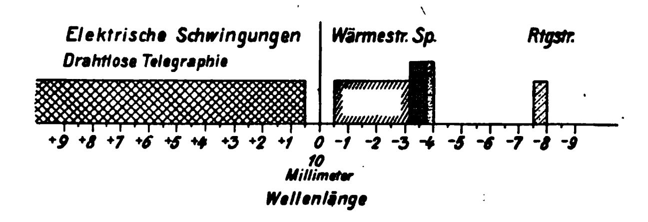


Fig. 2. Wellenlängen des elektromagnetischen Spektrums.

Denken wir uns die Wellenlänge noch größer, d. h. die Wechselzahl kleiner werden, so kommen wir schließlich in das Gebiet der Wechselzahlen für die technischen Wechselströme. Wir sind nach dem allgemein über die Schwingungen Gesagten berechtigt, diese als ungedämpfte Schwingungen anzusehen, deren Wechselzahl etwa 100 in der Sekunde beträgt. Die Periodenzahl ist dementsprechend 50; die Wellenlänge würde 6000 km betragen, ein solcher Wechselstrom wird von den meisten Kraftzentralen geliefert. Schließlich können wir auch den Gleichstrom als Wechselstrom von unendlich großer Wellenlänge ansehen und somit unserem Gesamtspektrum unterordnen.

Auf der rechten Seite ist zwischen 10^{-3} und 10^{-4} mm (1/1000 und 1/10000 mm) das sichtbare Spektrum mit SP bezeichnet; auf der Seite des langwelligen Spektrums, also der roten Strahlen, schließt sich nach links das Gebiet der Wärmestrahlen an, und zwar liegt der bisher bekannte längstwellige Wärmestrahl, den wir Untersuchungen von Rubens verdanken, bei 0,5 mm. Diese langwelligen Wärmestrahlen bezeichnet man als Reststrahlen, weil sie durch

[1]) Man bezeichnet mit $\mu = {}^1/_{1000}$ mm, mit $\mu\mu$ den tausendsten Teil hiervon, also ${}^1/_{1000000}$ mm.

Filtration der Strahlen eines Auerbrenners ausgesondert wurden. Zwischen diesen Wärmestrahlen und der kürzesten elektrischen Schwingung, die man bisher hat herstellen können (sie hat eine Wellenlänge von 3 mm), liegt ein Gebiet, aus welchem augenblicklich eine Strahlenart nicht bekannt ist. Sollte eine solche aber einmal gefunden werden, was absolut nicht ausgeschlossen ist, so wissen wir ganz genau, daß dem Strahl, der diese kleine Wellenlänge hat, die Eigenschaften der Reflexion, der Beugung und der Interferenz zukommen, genau wie den bisher bekannten Wellen der elektrischen Schwingungen oder der Wärmestrahlen. Auf der rechten Seite des sichtbaren Spektrums setzt sich an den blauen und den violetten Teil das schmale Gebiet der ultravioletten Strahlung an, deren Wellenlänge in der Größenordnung von 10^{-4} mm liegt. Wie schon vorher kurz angedeutet, kommt nun auch den Röntgenstrahlen eine bestimmte Wellenlänge zu, und wir werden gleich sehen, auf welche Weise die Wellenlänge bestimmt worden ist. Aus der Abbildung ist zu erkennen, daß das Wellenlängen-Gebiet der Röntgenstrahlen erst in weitem Abstande von den bisher bekannten kürzesten Lichtstrahlen beginnt, und daß dazwischen ein großer Raum liegt, von dem wir augenblicklich gar keine Kenntnis haben.

Die Analogie der Röntgenstrahlen mit den Lichtstrahlen wurde schon sehr zeitig vermutet; sie folgte aus gewissen theoretischen Überlegungen; man konnte sie aber nicht durch das Experiment erhärten. Insbesondere fehlte der Nachweis der Beugung, die man bei den Lichtstrahlen an sogenannten Beugungsgittern zeigt.

Es hat sich beim Studium der Beugung anderer Strahlenarten herausgestellt, daß die Erscheinungen am schönsten auftreten, wenn man Beugungsgitter verwendet, deren Spaltbreite etwa 100mal so groß ist als die Wellenlänge des zu beugenden Lichtes. Dementsprechend hat man für Lichtstrahlen Beugungsgitter hergestellt, die bis zu 1000 Spaltlinien auf den Millimeter besitzen. Bringt man ein solches Gitter in den Strahlengang eines homogenen Lichtes, das man vorher durch einen engen Spalt hat durchtreten lassen, so sieht man auf einem Projektionsschirm nicht nur die Abbildung dieses Spaltes, sondern rechts und links davon noch eine Anzahl weiterer Spaltbilder, deren Zahl von der Feinheit des Beugungsgitters abhängt. Wendet man z. B. rotes Licht an, so ist bei einem gewissen Beugungsgitter der Abstand der einzelnen Spaltbilder von einer bestimmten Größe. Benutzt man ein Licht aus dem kurzwelligen Teil des Spektrums, z. B. grünes oder blaues Licht, so liegen die Spaltbilder bei demselben Beugungsgitter näher aneinander. Es wird also kurzwelliges Licht weniger stark gebeugt als langwelliges. Man hat somit ein Mittel in der Hand, Strahlengemische mittels dieser Beugungsgitter zu trennen, und in der Tat, wenn man weißes Licht anwendet, werden in den Spaltbildern die einzelnen Strahlensorten getrennt, und man hat rechts und links von der Haupt-Spaltabbildung Spaltbilder, in denen die einzelnen Farben wie beim Regenbogen nebeneinander liegen, und zwar nach dem Obengesagten das blaue Licht nach der Innenseite zu, das gelbe und rote Licht an den Außenseiten.

Für die so überaus geringe Wellenlänge der Röntgenstrahlen würde daher ein solches Beugungsgitter immer noch viel zu grobmaschig sein. Aus der Figur 2 ist sofort zu erkennen, daß es unter den eben genannten Bedingungen gar nicht möglich ist, mechanisch ein Gitter herzustellen, dessen Spaltbreite nur etwa 100 mal so groß ist als die Welle der Röntgenstrahlen. Da kommt nun die Natur selbst zu Hilfe, und es ist das große Verdienst der Herren Laue, Friedrich und Knipping, diesen Weg gewiesen zu haben[1]).

Die genannten Herren gingen von der Voraussetzung aus, daß der regelmäßige Aufbau der Kristalle der Mineralien auf eine symmetrische Gruppierung der sie konstituierenden Moleküle zurückzuführen sei. Man kann sich nun vorstellen, daß dort, wo die unendlich kleinen Grenzflächen der Moleküle aneinander grenzen, ein Gitterwerk, ein sogenanntes „Raumgitter"

[1]) Laue, Friedrich und Knipping: Interferenzerscheinungen bei Röntgenstrahlen. Sitzungsberichte der Kgl. Bayer. Akademie der Wissenschaften, München 1912.

entsteht. Auf ein solches Raumgitter, z. B. aus Zinksulfid, wurde aus einer ganz feinen Öffnung ein Bündel Röntgenstrahlen geworfen. Diese durchdrangen zunächst den Kristall und gaben auf einer dahinter aufgestellten photographischen Platte eine scharfe Abbildung der Blendenöffnung, aus der sie stammten. Bei einer längeren Expositionszeit, die einen Tag, ja sogar mehrere Tage betrug, zeigte sich nun eine Reihe von Beugungsbildern, deren Beschaffenheit und Lage mit den theoretisch berechneten Eigenschaften des Raumgitters gut übereinstimmen[1]). Aus den Beugungsbildern konnte dann genau, wie bei den sichtbaren Strahlen, die Wellenlänge der Röntgenstrahlen berechnet werden.

Die Abbildung 3 zeigt das Ergebnis einer derartigen Anordnung. Man erkennt in der Mitte die Abbildung der Blendenöffnung und sieht eine Reihe von schwächeren und stärkeren Flecken, die gegen den Durchstoßungspunkt völlig symmetrisch liegen. Diese schwarzen Punkte geben eine Interferenzfigur von großer Schärfe, wie sie nur eine sehr homogene periodische Schwingung erzeugen kann. Damit war der Beweis für die Lichtnatur der Röntgenstrahlen erbracht.

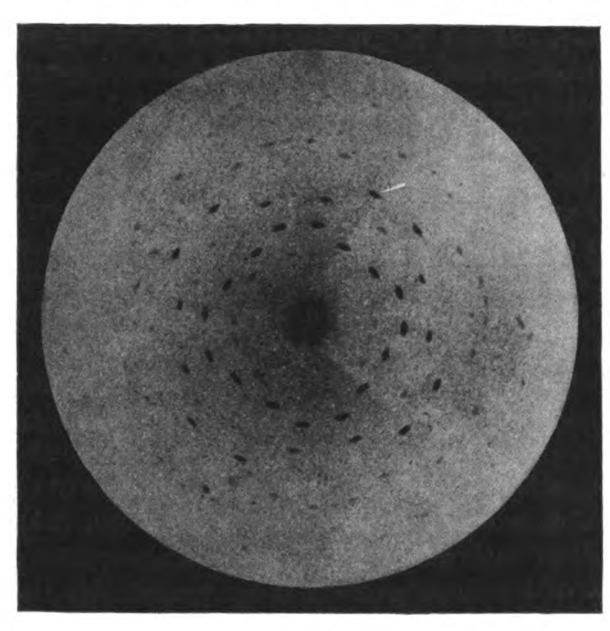


Fig. 3.
Beugungsbilder der Röntgenstrahlen an einem Kristall.

Über die Anwendung des elektromagnetischen Spektrums in der Medizin läßt sich ganz allgemein sagen, daß die Schwingungen das Gewebe zu durchdringen vermögen und auf die Zelle teils zerstörend, teils erhaltend oder ihr Wachstum fördernd einwirken. Man darf nicht sagen, daß dem einen Teil des Spektrums die eine Wirkung allein, einem anderen Teil ausschließlich eine andere Wirkung zugeschrieben werden muß, wenn auch sicherlich in jedem Falle die eine oder andere Wirkung in den Vordergrund tritt. Vorhanden sind beide bei jeder Applikation irgendeiner Schwingungsform (langwellig oder kurzwellig); sie kommen nur verschieden zum Ausdruck, da nicht alle Gewebe gleichmäßig ansprechen. Es ist Sache des Arztes, sich die eine oder andere Form nutzbar zu machen. Diese Erscheinung können wir an einem einfachen Beispiel aus dem täglichen Leben erhärten. Bei einer leuchtenden Gasflamme benutzt man die Lichtstrahlen, um den Raum zu erhellen, die Wärmewirkung nimmt man als unerwünschte Nebenwirkung mit in Kauf. Beim Heizen ist die Wärmewirkung die Hauptsache, während auf die damit verbundene Leuchtwirkung kein Gewicht gelegt wird. Man hat es aber im Lauf der Jahre verstanden, die Flammen so zu modifizieren, daß ihre Leuchtkraft sehr groß und die Wärmeerzeugung nur gering ist (z. B. Auerstrumpf), während man andererseits die Heizkraft der Flamme gesteigert, und dafür die Leuchtkraft vermindert hat (z. B. Bunsenbrenner). Ähnlich liegt es auch beim Lichtbad, wo die Leuchtkraft der Glühlampen ganz nebensächlich ist, während man zur spezifischen Lichtbestrahlung intensiver leuchtende Lampen (Bogenlampen) nimmt und durch allerhand Hilfsmittel die Wärmewirkung auf den Körper verringert. Eine Erwärmung des Gewebes — um nur eine Wirkung der in den Körper eindringenden elektromagnetischen Schwingungen zu erwähnen — wird bei der Einwirkung eines jeden Teils des Spektrums auftreten; in der Tat beobachtet man sie bei der Anwendung der sogenannten Dia-

[1]) Die Versuche wurden mit den Siemens-Wolframröhren angestellt, die mit etwa 10 Milliampère belastet wurden und oft mehr als 72 Stunden dauernd am Gleichrichter in Betrieb waren.

thermieströme als vorherrschende Wirkung dieser Ströme. Bei der Einwirkung des kurzwelligeren Teils des Spektrums ist sie sicherlich auch vorhanden, tritt aber vor anderen Wirkungen, vielleicht chemischer Natur, völlig in den Hintergrund, so daß sie trotz empfindlicher Meßmethoden nicht offenbar wird. Man hat auch versucht, die Energie der Röntgenstrahlen durch Messung der Wärmemenge, die bei der Absorption der Strahlen in Metallen erzeugt wird, zu messen, doch beanspruchen die gewonnenen Resultate nur physikalisches Interesse. Andererseits ist sicherlich die Wärmewirkung nicht das alleinige Spezifikum der Diathermieströme. Bei ihrem heilenden Einfluß sprechen sicherlich noch andere Momente mit, über die wir aber heute noch nichts aussagen können.

Jedem biologischen Vorgang, der durch die Strahlung hervorgerufen ist, ob er nun sichtbare Veränderungen zur Folge hat, oder ob er nur psychisch empfunden wird, liegt eine chemische Veränderung zugrunde, die durch die Bestrahlung hervorgerufen wird. Über die Natur dieses durch Strahlung ausgelösten chemischen Reizes ist so gut wie nichts bekannt. Genauere Untersuchungen hat man darüber im Gebiet der Lichtstrahlen angestellt und es ist anzunehmen, daß die biochemische Wirkung des Lichtes nach ähnlichen Gesetzen stattfindet, wie sie bei einfacheren photochemischen Vorgängen beobachtet werden. Dabei muß aber eine Bedingung notwendig erfüllt werden. Das Licht muß von den reagierenden Bestandteilen absorbiert werden. Das gilt nun nicht nur für das Licht, sondern für den gesamten Spektralbereich der elektromagnetischen Schwingungen: Biologische Vorgänge können nur dann ausgelöst werden, wenn die elektromagnetischen Schwingungen in der Zelle absorbiert werden. Die biologische Wirkung der Strahlen des Gesamtspektrums ist also abhängig von der Absorption durch das Gewebe. Die langwelligen Strahlen (Hochfrequenzströme, Wärmestrahlen, Lichtstrahlen) werden nur in geringerem Grade in den Oberflächenschichten absorbiert. Die Strahlen durchdringen das Gewebe um so weniger, je kleiner die Wellenlänge wird. Die Zellen der Haut werden nur von den Strahlen kürzester Wellenlänge beeinflußt. Je kürzer also die Wellenlänge, um so größer ist die biochemische Wirksamkeit der Strahlen in der absorbierenden Zelle.

Welche Methoden, welche Apparate wendet man nun bei der medizinischen Applikation der Strahlen des Gesamtspektrums an? Wenden wir uns der Skala in Abb. 2 wieder zu und beginnen wir links mit den langwelligen Strahlen. Wir sehen bereits oben, daß wir unter der Annahme, daß der Gleichstrom eine unendlich große Wellenlänge habe, auch ihn unserem Spektrum unterordnen dürfen.

Schickt man Gleichstrom durch den Körper, so entsteht im Augenblick des Einschaltens ein Reiz auf die Nerven. Nach Nernst erzeugt der Fluß eines elektrischen Stromes in einem Leiter zweiter Klasse, wie es das organische Gewebe darstellt, im wesentlichen keine anderen Wirkungen, als Ionenverschiebungen. Fließt der Strom durch zwei verschiedene Leiter hintereinander, so entstehen dadurch an der Grenze der beiden Leiter Konzentrationsänderungen. Auch den menschlichen Körper kann man als ein System verschiedener Leiter auffassen. Außer den wäßrigen Lösungen enthält er das Protoplasma, das ein zweites Lösungsmittel darstellt. Die Konzentrationsdifferenzen zwischen den angrenzenden Medien sind als Ursache des Nervenreizes anzusehen.

Verwendet man Wechselstrom niedriger Periodenzahl, so werden die von der einen Halbwelle hervorgerufenen Konzentrationsänderungen von der nächstfolgenden wieder rückgängig gemacht. Den Gleichstrom wendet man bei der Galvanisation an, den Wechselstrom bei der Faradisation. Die letztere hat stärker erregende Eigenschaften und nicht die beruhigende Wirkung, die der Durchströmung mit dem gleichmäßig fließenden galvanischen Strom eigen ist. Abb. 4 zeigt einen Apparat, der galvanische und faradische Ströme zu entnehmen gestattet. Sowohl der Gleichstrom, als auch der Wechselstrom werden besonderen Maschinen entnommen, um von den unvermeidlichen Schwankungen der Licht- und Kraftzentralen unabhängig zu sein und durch Zufälligkeiten (Erdschluß u. dgl.) den Patienten

nicht zu gefährden. Die Konzentrationsänderungen werden mit steigender Stromstärke unerträglich und unter Umständen sogar lebensgefährlich.

Nernst hat für das Zustandekommen eines Reizes bei Wechselstrom das Gesetz aufgestellt, daß die für den Reiz eben noch genügende Stromstärke proportional mit der Quadratwurzel aus der Frequenz steigt. Erhöht man die Frequenz, nimmt man Schwingungen kleinerer Wellenlänge, so kann man die Stromstärke steigern, ohne eine merkliche Reizwirkung zu erzielen. In der Tat werden bei der nächsten Gruppe im Spektrum, den elektromagnetischen Schwingungen im engeren Sinne, d. h. den Hochfrequenzströmen, Stromstärken ohne Gefahr verwendet, die das Tausendfache derjenigen sind, die man bei der Faradisation verwenden darf. Eine scharfe Grenze ist beim Übergang von den niederfrequenten zu den hochfrequenten Stromstärken für das Aufhören des sensiblen und motorischen Reizeffektes schwer festzustellen. Praktisch kann man jedoch mit dem völligen Verschwinden der Reizwirkungen bei einer Periodenzahl von 1 Million in der Sekunde rechnen; wahrscheinlich ist die Grenze hierbei schon erheblich überschritten.



Fig. 4.
Universal-Anschlußapparat.

Die Hochfrequenzströme wurden zuerst von d'Arsonval in die Medizin eingeführt. Die Apparate lehnten sich in ihrer Konstruktion eng an die von Tesla angegebenen Hochfrequenzapparate an, arbeiteten also mit den alten, auch von Hertz angegebenen Funkenstrecken. Sie erzeugten gedämpfte Schwingungen. Außerdem wurden diese Ströme nur mit hoher Spannung angewendet, die sich in Effluvien an den Elektroden kundtat. Ein Apparat für die Arsonvalisation ist in Abb. 5 dargestellt. Seine Wirkung soll teils eine anregende, teils eine gewebszerstörende sein; dementsprechend ist auch die Anwendung verschieden. Die erste Art, allgemeine Arsonvalisation, wird empfohlen bei arterieller Hypertension, bei Zirkulations- und Stoffwechselerkrankungen, nervösen Zuständen, Schlaflosigkeit usw. Entweder findet die Behandlung in einem großen Solenoid statt (Autokonduktion) oder auf dem Kondensatorbett. In beiden Fällen ist der Patient nicht in leitender Verbindung mit den Stromkreisen. Unmittelbare Berührung mit Elektroden findet nur noch selten statt, da dies Verfahren durch die Diathermie abgelöst ist. Die zweite Art der Arsonvalisation ist die der Hochfrequenzfunkentherapie. Sie hat drei klinische Formen a) Fulguration (de Keating-Hart), intensivste Form der Funkentherapie, wegen Schmerzhaftigkeit nur in der Narkose möglich; es finden oberflächliche Gewebszerstörungen statt und Anregung zur Granulation; b) Kondensationsfunkenmethode, eine milde Form der Fulguration, meist verwendet als lokaler Hautreiz, zur Derivation, Analgesierung, c) Hochfrequenzeffluvien, stille Entladungsform, Büschelentladung. Die biologische Wirkung dieser drei Formen ist insofern einheitlich, als bei allen dieselben physikalischen Komponenten zur Wirkung gelangen. Der Unterschied ist ein rein quantitativer. Ein großer Teil des biologischen Effekts ist wohl der mechanischen Wirkung des Hochfrequenzfunkens zuzuschreiben; kapillare Blutungen, Vasomotorenbeeinflussung, Erythem, Degeneration der Tumorzellen bei der Fulguration, vor allem aber der Hautreiz, das Prickelgefühl; daneben

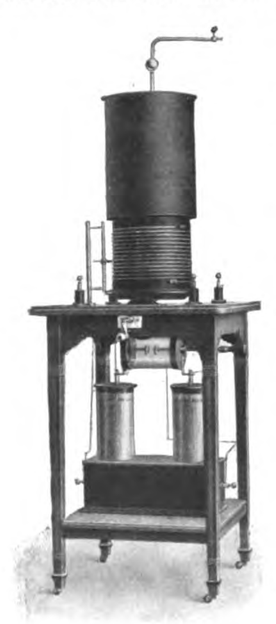


Fig. 5.
Arsonvalisationsapparat.

sprechen noch andere Momente mit, über die sich aber sowohl qualitativ, als auch quantitativ wenig aussagen läßt.

Eine allgemeine biologische Wirkung der Hochfrequenzströme ist die Wärmewirkung, die überall auftritt, wo Ströme einen Leiter durchfließen. Infolge ihrer geringen Intensität haben die Arsonvalströme nur einen sehr geringen Wärmeeffekt, was ihre therapeutische Bedeutung beeinträchtigt. Man kann im Zweifel sein, ob die Hochfrequenzströme neben der Wärmewirkung eine ihnen eigentümliche spezifische Wirkung besitzen. Der Zweifel scheint nicht berechtigt, wenn auch Stimmen laut wurden, welche die biologischen Wirkungen nur auf die geringen Wärmewirkungen zurückzuführen und alle übrigen Wirkungen mit Suggestion zu erklären suchen.

Das Diathermieverfahren ist eine zweite, intensiver wirkende Form der Hochfrequenztherapie. Man ist mit der Diathermie imstande, Wärme in beliebig einstellbaren Graden und lokalisiert in beliebige Tiefen des Körpers zu bringen. Sie ist aber mit den anderen Methoden der Thermotherapie nicht gleichzustellen, da es auf keine andere Weise gelingt, Wärmeenergie als solche in das Innere des Körpers hineinzubringen. Weder ist das Verfahren vergleichbar mit den bisherigen Anwendungsarten von Wärme (Kompressen, Heißluft-, Dampfbad), bei denen durch Wärmeleitung nur eine Kollateralwirkung hervorgerufen wird, noch auch mit der anderen Formen der Wärmesteigerung, nämlich der Erhöhung der pathologischen Verbrennung im Fieber. Hier hochgradige Schädigungen des Gesamtorganismus, beim Diathermieverfahren eine allgemeine Temperaturerhöhung durch eine fremde, von außen zugeführte Energie, die in der Tiefe des Körpers auf nicht pathologischer Basis deponiert wird; es werden dabei die Reservematerialien des Körpers nicht in Anspruch genommen.



Fig. 6.
Diathermieapparat.

Die wesentlichste physiologische Wirkung der Diathermieströme ist also die Temperaturerhöhung. Sie kann jedoch nicht beliebig anwachsen; ihr wirken zwei Faktoren entgegen, der Wärmeaustausch durch Leitung und die Blutzirkulation, deren Einfluß ein ausgleichender ist. Dieser Einfluß ist um so größer, weil eine örtliche arterielle Hyperämie erzeugt wird, d. h. eine Vermehrung und Beschleunigung des Blutstromes.

Außer der Hyperämie ist eine weitere physiologische Wirkung der Diathermieströme die Steigerung der Zellfunktion, nämlich Beschleunigung des Stoffwechsels, mithin Erhöhung der Funktionsfähigkeit. Diese Wirkung äußert sich z. B. bei Drüsen in erhöhter Sekretion. Sie geschieht, wie oben erwähnt, nicht auf Kosten der im Körper vorhandenen Ersatzstoffe, sondern auf Grund eines Zuwachses an Energie, die von außen eingeführt wird. Ferner besitzt die Diathermie eine hervorragende tonisierende und inhibierende Wirkung auf das Nervensystem; hierauf beruht die auffallend schmerzstillende Eigenschaft der Diathermieströme. Wenn auch sicherlich hierauf die Hyperämie und die Wärme Einfluß haben, so ist vielleicht auch irgendwelcher spezifischer Einfluß des elektrischen Stromes auf die Nerven zur Erklärung heranzuziehen.

Das Verfahren arbeitet mit Apparaten, die nach modernen Gesichtspunkten für die Hochfrequenzerzeugung gebaut sind und fast ungedämpfte Schwingungen liefern. Abb. 6 zeigt den Typ eines solchen Apparates.

Es sind zwei Hauptgruppen der Applikationen zu unterscheiden:

1. Die Thermotherapie: Die Temperatur wird nicht wesentlich erhöht. Einerseits werden einzelne Organe durchwärmt (lokale Diathermie), andererseits soll der gesamte Körper auf eine höhere Temperatur gebracht werden (allgemeine Diathermie). Besonders erfolgreich ist das Verfahren bei den Erkrankungen der Gelenke und der Muskeln gewesen. Der Gelenkrheumatismus bildet in seinen mannigfachen Formen ein dankbares Angriffsobjekt für Diathermie. Es kommen ferner in Betracht die Behandlung der traumatischen Gelenkversteifungen, deren Funktionsfähigkeit bedeutend schneller eintritt, und die Nachbehandlung von Frakturen. Es seien ferner nur kurz erwähnt der Muskelrheumatismus, die traumatischen Schädigungen der Muskeln, die Erkrankungen des Nervensystems, so die Ischias und die Neuralgien verschiedener Provenienz, die Erkrankungen des Herzens (chronische Entzündung des Herzmuskels, Herzklappenfehler), die Erkrankungen der Lunge und der Pleura.

2. Die chirurgische Diathermie; hier wird die Temperatur von Geweben bis zur Koagulation oder Nekrose erhöht, das Gewebe zerstört. Der Wert der Methode liegt darin, daß keine Lymph- und Blutbahnen eröffnet werden, so daß eine Verschleppung von Keimen ausgeschlossen ist. Die Koagulierung von erkranktem Gewebe führt zu einer totalen Sterilisierung. Die Hauptindikationen sind tuberkulöse Erkrankungen der Haut, Schleimhaut (Lupus), der Nase, des Rachens, des Kehlkopfs, ferner leicht blutende Affektionen, Kavernome, Angiome, Polypen, sodann vor allem die zugänglichen malignen Tumoren, und zwar ist das kleinste Hautkankroid der Methode ebenso zugänglich wie der größte Tumor (nach Nagelschmidt).

Aus diesen Darlegungen geht hervor, daß bereits der Teil des Gesamtspektrums, der die elektromagnetischen Schwingungen umfaßt, für einen wichtigen Zweig der Medizin bedeutungsvoll ist. Man verwendet meist Schwingungen, deren Schwingungszahl in der Größenordnung von einer bis zwei Millionen liegt, also Wellenlängen von 600 bis 300 m. Es ist gleichgültig, welche Schwingungszahl bei der Diathermie eingehalten wird, wofern sie nur, wie oben gezeigt ist, über 100000 liegt, damit keine Reizwirkung eintritt. Ohne weiteres würde man höhere Schwingungszahlen verwenden können, also kleinere Wellenlängen, doch geht beim Bau solcher Apparate meistens die Leistung erheblich herab, weshalb es keinen Sinn hat, sie auszunutzen; will man doch gerade eine erhebliche Stromstärke, also große Erwärmungen erzielen.

Die kleinsten Wellenlängen auf der elektrischen Seite des Spektrums interessieren also den Mediziner wenig; auch die größten Wärmewellen nach der Lücke (siehe die Skala) beanspruchen nur physikalisches Interesse. Schon ihre Bezeichnung „Reststrahlen" deutet darauf hin, daß ihre therapeutische Ausnutzung nur verschwindend kleine Wirkungen auslösen würde. Erst von etwa 10 μ (0,01 mm) ab erhält man Wellenlängen, die das Gewebe durchdringen. Die Wärmestrahlen erzeugen aktive arterielle Hyperämie der Haut, regen so die Zirkulation und den Stoffwechsel an und erleichtern die Resorption von Exsudaten. Zur Erzeugung der Wärmestrahlen benutzt man, falls man nicht gerade Hitze ausstrahlende Medien (Heißluft, Gasofen) verwendet, die aber gewisse unerwünschte Nebenerscheinungen haben, das Lichtbad, wobei man die Lichtwirkung der benutzten Glühlampen mit in Kauf nimmt. Es wird sogleich zu erörtern sein, weshalb auch die Lichtstrahlung von Bedeutung für die chemische Wirkung sein kann; bei der Glühlampe ist diese nur wenig vorhanden. Der Hauptspektralbereich liegt bei der Glühlampe etwa im Gelb anfangend, im Rot und Ultrarot, und zwar gilt dies für Kohlenfadenlampen, jedoch nicht für Metallfadenlampen. Der Vorzug der Lichtbäder liegt darin, daß der Patient von der Wärmequelle räumlich getrennt ist und die Erhöhung seiner Temperatur nur durch strahlende Wärme stattfindet. Während bei den Wärmeleitungsbädern die Temperatur der den Patienten umgebenden Luft- oder Dampfmasse notwendigerweise verhältnismäßig hoch ist, wird in den elektrischen Wärmestrahlungsbädern die Luft nur wenig erwärmt (Luft ist bekanntlich diatherman). Der Schweißausbruch erfolgt deshalb bei den Strahlungsbädern bei verhältnismäßig niederer Temperatur und nach kurzer Zeit, ohne daß eine Wärmestauung im Patienten eintritt.

Auf dem an die Wärmestrahlen anschließenden Bereich der Lichtstrahlen beruht eine Art der Strahlentherapie, die seit alters her geübt wurde, ohne daß man sich stets bewußt war, daß die Licht spendende Sonne, auch Heilkräfte aussendet. Das Sonnenbad als Allgemeinbehandlung, also die Wirkung der Sonne auf die Hautoberfläche ist wohl das energischste Tonikum und das beste Kräftigungsmittel. Auch bei örtlicher Behandlung fand man, daß die Sonnenstrahlen neben den reduzierenden und schmerzstillenden Wirkungen bakterizide und sklerotisierende haben. Man war lange im Zweifel, auf welche Ursachen die Erfolge der Heliotherapie zurückzuführen sind, soweit sie nicht durch Wärmewirkung zu erklären waren. In dem Bestreben, sich namentlich in unsern Breiten von dem Sonnenlicht unabhängig zu machen, hat man auf die künstlichen Lichtquellen zurückgegriffen und fand dabei, daß den verschiedenen Strahlen, aus denen das Sonnenlicht zusammengesetzt ist, besondere Wirkungen zukommen. Das Bogenlicht kommt in seiner Zusammensetzung dem Sonnenlicht am nächsten. Trotzdem war es in vieler Beziehung kein vollgültiger Ersatz; in mancher Hinsicht zeigte es sich dagegen dem Sonnenlicht überlegen. Das wies darauf hin, daß manche Strahlengattungen, aus denen das weiße Licht zusammengesetzt ist, in der einen oder anderen Lichtquelle fehlen und diesen Strahlen besondere therapeutisch wichtige Eigenschaften anhaften, das um so mehr, als selbst der Erfolg der Heliotherapie ein anderer war, ob man in der Ebene oder auf Bergeshöhe die Bestrahlungen vornahm.

Zerlegt man das Sonnenlicht im Spektrographen, so erhält man bekanntlich die Farben des Regenbogenbandes. Die Wellenlängen der Farben setzen sich lückenlos an die Wellenlänge der Wärmestrahlen an. Es erscheinen nach fallenden Wellenlängen geordnet zuerst die roten Strahlen; die Grenze, bei der die Strahlung mit dem Auge als Licht wahrgenommen wird, ist nicht scharf und bei verschiedenen Individuen verschieden. Auf die roten Strahlen folgen die gelbroten, gelben, grünen, blauen und die violetten. Dieser Teil wird das sichtbare Spektrum genannt. Es reicht von etwa 800 $\mu\mu$ bis 400 $\mu\mu$; seine kurzwellige Grenze ist ebensowenig scharf, wie die auf der roten Seite. In der schematischen Abb. 7 sind in der oberen Reihe die Längen der verschiedenen Strahlungswellen nach zunehmender Größe eingetragen.

	ultravielett	v.	blau	gr.	gelb	or.	rot	ultrarot
Quarz								
Luft								
Glas								

Fig. 7.
Schematische Darstellung des Sonnenspektrums.

Es wurde bereits oben erwähnt, daß unser Auge nicht für den gesamten Farbenbereich gleichmäßig empfindlich ist, und daß die photographische Platte noch auf Strahlen reagiert, die das Auge nicht mehr als Licht empfindet. Die photographische Platte wird erst von Lichtstrahlen geschwärzt, die kleiner als 600 $\mu\mu$ sind, in deren Nähe die bekannte Natriumlinie (D) bei 589 $\mu\mu$ liegt. Nimmt man das Sonnenspektrum im Spektrographen photographisch auf, so wird es daher von 600 $\mu\mu$ ab auf der Platte sichtbar sein. (Siehe die photographische Wiedergabe des Sonnenspektrums Abb. 8.) Die Platte zeigt aber auch noch eine Schwärzung jenseits des kürzesten Lichtstrahls, der auf das Auge wirkt. Diese Schwärzung stammt von der Einwirkung der ultravioletten Strahlen, deren Gebiet von 400 $\mu\mu$ bis etwa 90 $\mu\mu$ reicht.

Bei der Einwirkung der Lichtstrahlen auf die photographische Platte handelt es sich um chemische Prozesse. Die Anschauungen, die die Photochemie über diese Vorgänge hat, legt man auch den Erscheinungen in der Biochemie zugrunde. Wir kennzeichneten die chemische Wirkung auf die Zelle bereits als Reizwirkung, sie fängt beim Gelb an und ist am stärksten bei den ultravioletten Strahlen. Die stark reizende, entzündungerregende Wirkung der blauvioletten Spektrumseite hat man erfolgreich zur Behandlung einer Reihe von Hautkrankheiten (chronischen Ekzemen, Psoriasis usw.), von schlecht granulierenden Wunden, veralteten Beingeschwüren, tuberkulösen und fistulösen Wunden angewendet. Auf dieser Wirkung gründete Finsen seine Lupusbehandlung, die ja auch äußere Zeichen einer starken Entzündung der be-

handelten Stelle und ihrer unmittelbaren Umgebung mit sich bringt. Bei diesen Anwendungen fand man die entzündunghemmende Eigenschaft der roten Strahlen. Ihnen fehlt also jeder Reiz, wodurch die Erfolge dieser Strahlen bei nässenden Ekzemen, Erysipel, Urtikaria und der Wundheilung zu erklären sind.

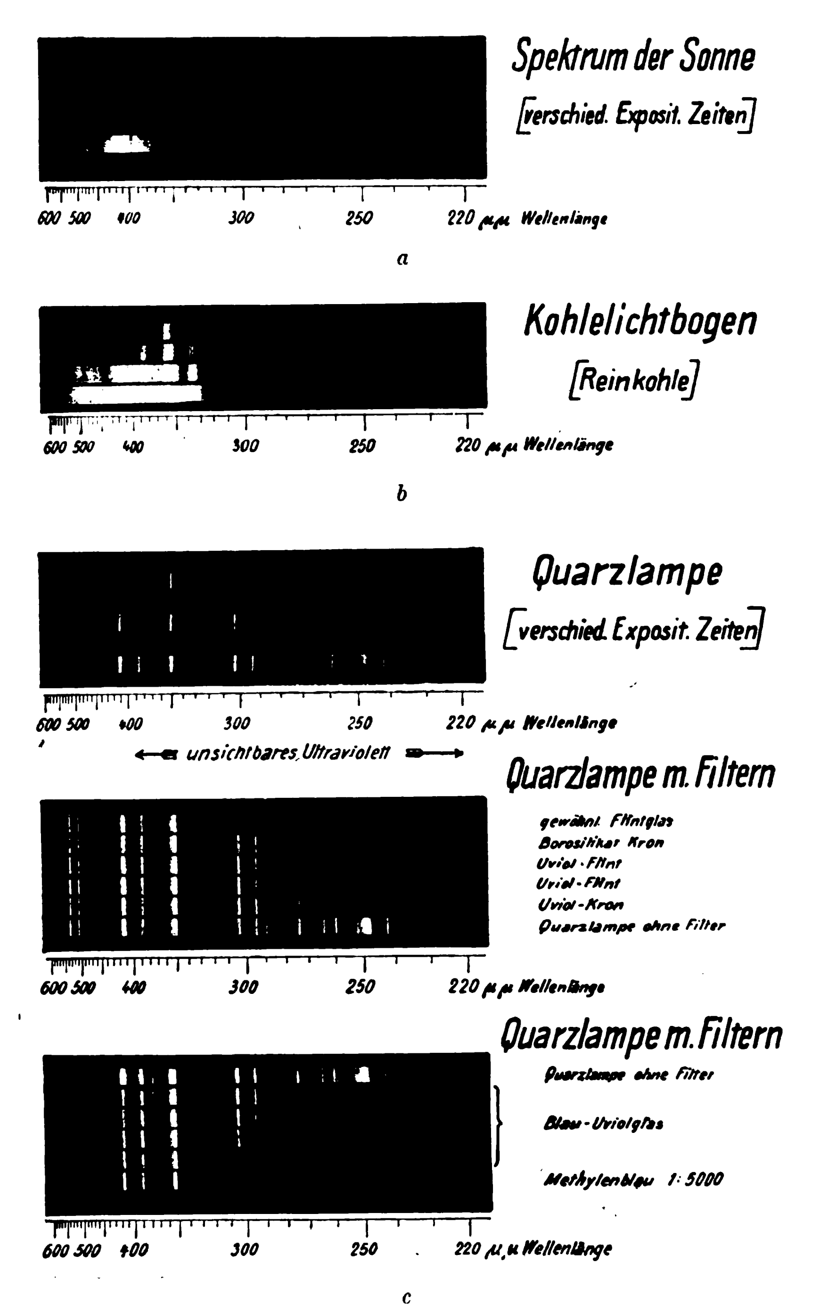


Fig. 8. Spektralbilder.

Den Wirkungen der Lichtstrahlen liegt das bereits oben angeführte Gesetz zugrunde, daß bei der Abhängigkeit des biochemischen Vorgangs von der Absorption des Lichtes in der Zelle die biochemische Wirksamkeit um so größer ist, je kürzer die Wellenlänge ist. Die ultravioletten Strahlen werden sehr stark bereits in den obersten Schichten der Haut absorbiert, daher zeigt sich dort ihre größte Wirksamkeit. Diese läßt mit steigender Wellenlänge, also nach dem Blau hin, nach.

Dies veranschaulicht folgende Tabelle[1]):

$^1/_{10}$ mm Haut läßt vom Licht einer

Wellenlänge	436,	405,	366,	334,	313,	302,	297,	289 $\mu\mu$	
	59,	55,	49,	42,	30,	8,	2,	0,01 $^0/_0$	hindurchgehen.

Man sieht daraus, daß die kürzesten ultravioletten Strahlen nur sehr wenig tief in die Haut eindringen. Die ultravioletten Strahlen von 400—300 $\mu\mu$ Wellenlänge bezeichnet man als milde und langsam wirkend; das äußerste Ende des Spektrums wirkt scharf, reizend.

Die leichte Absorbierbarkeit der ultravioletten Strahlen war mit ein Grund, daß ihre Wirksamkeit so spät entdeckt wurde. Auffällig war ja gewesen, daß sich die Heilwirkung des Sonnenlichtes in größeren Höhen weit stärker und kräftiger erwies als im Tiefland. Die Ursache dieser Erscheinung ist, daß die Sonnenstrahlen in der Tiefebene eine der Bergeshöhe entsprechende stärkere Schicht der Atmosphäre zu durchdringen haben, wobei gerade die für die Heilwirkung wichtigste Strahlengattung am stärksten geschwächt wird. Abb. 7 zeigt in der zweiten Reihe den Teil der ultravioletten Strahlung, der durch Luft absorbiert wird, während in den unteren Reihen zum Vergleich als absorbierende Medien Glas und Quarz gewählt sind. Luft absorbiert also schon den größten Teil, so daß man bei Verwendung von Sonnenlicht nicht mit kürzeren Wellenlängen als etwa 300 $\mu\mu$ rechnen kann. Auf hohen Bergen kommt man höchstens bis 293 $\mu\mu$. In der Tiefebene wird daher hinter einer Fensterscheibe kaum ultraviolettes Licht nachzuweisen sein.

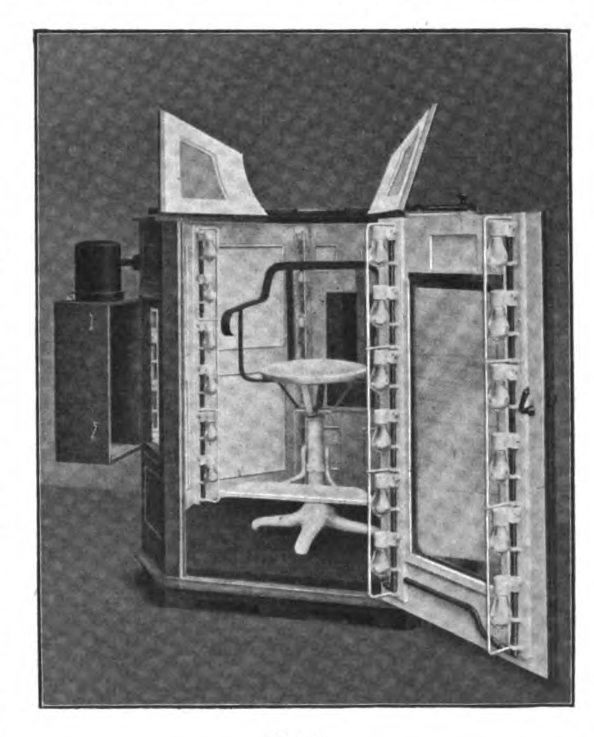


Fig. 9.
Doppellicht-Vollbad.

In dem Bestreben, das Sonnenlicht zu ersetzen, hat man fast alle bekannten künstlichen Lichtquellen herangezogen. Die Glühlampe enthält, sofern sie eine Kohlenfadenlampe ist, keine photoaktiven Strahlen, dagegen reichlich Wärmestrahlen und Strahlen aus dem rotgelben Teil des Spektrums. Bei einer Metallfadenlampe reicht das Spektrum etwas weiter bis in den violetten Teil. Man verwendet daher diese Lampengattungen nur in Lichtbädern für die Wärmestrahlung. Das Bogenlicht kommt in seiner Zusammensetzung dem Sonnenlicht am nächsten. Es enthält reichlich Wärmestrahlen und Lichtstrahlen, aber auch noch so viel biochemische Strahlen (namentlich sichtbare) als zu einer kraftigen Hautreaktion nötig sind. Abb. 8 zeigt das Spektrum eines Lichtbogens zwischen Reinkohle. Den Anteil der biochemischen Strahlengattung kann man durch Zusätze zu den Elektrodenkohlen (wie Nickel, Eisen) steigern.

Das Kohlebogenlicht wird bei allen Krankheiten verwertet, bei denen die zellenanregende, stoffwechselsteigernde, hämoglobinvermehrende und nervenberuhigende Fähigkeit der Lichtstrahlen in Frage kommt, also bei Stoffwechselkrankheiten, Anämie, Chlorose und Nervenkrankheiten. Da namentlich die chemisch wirksamen Strahlen in Erscheinung treten sollen, wird man in den Fällen, in denen leichte Reizung beabsichtigt ist, durch Anwendung von blauen

[1]) Hasselbalch: Strahlentherapie Bd. II. 1913, Heft 2.

Glasscheiben die wärmeliefernden roten und orangefarbenen Strahlen aus der Strahlenmasse entfernen. Bei Hautkrankheiten, bei denen eine entzündunghemmende Wirkung erzielt werden soll, empfiehlt es sich, die chemisch wirksamen Strahlen durch rote Glasscheiben zu schwächen.

Zur Behandlung des Patienten verwendet man entweder Bogenlichtvollbäder oder Bogenlichtscheinwerfer. Die ersteren ähneln in ihrem Aufbau den Glühlichtvollbädern. Häufig findet man eine Vereinigung beider Apparate vor, die Doppellicht-Vollbäder; sie stellen insofern therapeutisch wichtige Apparate (Abb. 9) dar, da sich bei ihnen die schweißerzeugende, also mittelbar therapeutische Wirkung der von den Glühlampen ausgehenden Wärmestrahlung mit der unmittelbar therapeutischen Wirkung der chemisch wirksamen Strahlen vereinigt. Zudem wird die letztere dadurch, daß sie einen in Schweiß befindlichen Körper trifft, noch verstärkt und ebenso befördert die Lichtausstrahlung den Schweißausbruch.

Die Bogenlichtscheinwerfer dienen zu einer sehr starken örtlichen Bestrahlung, also einer Bestrahlung abgegrenzter Körperteile. Die Strahlen werden mittels geeigneter Reflektoren in Gestalt eines spitzen Kegels auf die zu behandelnde Körperstelle geworfen. Um die Ausbeute an chemisch wirksamen Strahlen zu steigern, ist eine kräftigere Bogenlampe eingebaut als bei den Bogenlichtvollbädern. Für die örtliche Bestrahlung kommt vor allem die Behandlung von Wunden oder eitrigen Geschwüren in Frage, und es ist festgestellt, daß sie schmerzstillend wirkt. Auch hierbei ist häufig ein zusammengesetztes Bestrahlungsverfahren nützlich. Es ist infolge der steigernden Wirkung der im Licht-Vollbad erzeugten Wärme- oder zerstreuten chemisch wirksamen Strahlen und der mehr oder weniger konzentrierten chemisch wirksamen Strahlen des Scheinwerfers therapeutisch sehr wirksam.

Die an ultravioletten Strahlen reichste Lichtquelle ist die Quarzlampe, die als „künstliche Höhensonne“ und Kromayerlampe weiteste Verbreitung gefunden hat. Das Licht liefert ein Quecksilberlichtbogen in einem Quarzrohr. Quarz ist, wie bereits aus Abb. 7 hervorging, für ultraviolettes Licht hervorragend durchlässig. Die Quarzlampe hat ihre größte Lichtstärke in der Gegend von 360—400 $\mu\mu$. Daneben gibt es noch einige Liniengruppen kürzerer Wellenlänge, und zwar hauptsächlich in der Gegend von 300 $\mu\mu$ und zwischen 250 und 260 $\mu\mu$ (vgl. das Spektrum Abb. 8). Therapeutisch sollen jedoch nur die Liniengruppen in der Gegend von 400 $\mu\mu$ verwertet werden und man war deshalb darauf bedacht, die unerwünschten Liniengruppen durch entsprechende Filter zu beseitigen. Man hat dazu verschiedene sogenannte Uviolgläser genommen [vgl. die Spektralaufnahme[1]), Abb. 8], die die Liniengruppen von 250—300 $\mu\mu$ nicht mehr durchließen. Die größeren Wellenlängen von 500—600 $\mu\mu$ waren jedoch noch vorhanden. Kromayer gab daher eine sogenannte Methylenblauspülung 1 : 5000 in einer Schicht von 15 mm an (vgl. Abb. 8 unterste Reihe), durch die tatsächlich nur das Licht von 300—440 $\mu\mu$ hindurchgelassen wurde. Diese Blauspülung hat aber mancherlei Schwierigkeiten und man hat daher in einem besonderen Spezialglas vollwertigen Ersatz gesucht und gefunden. Durch dieses Filter werden die gelben und grünen Liniengruppen, sowie die kurzwelligen scharfen, reizenden Ultraviolettstrahlen vollständig absorbiert.

Setzt man einen Patienten der Quarzlampenbestrahlung nur kurze Zeit aus, so entsteht nach einigen Stunden ein angenehmes Wärmegefühl und das Gefühl des leichteren Atmens. Nach und nach rötet sich die Haut, und diese Hyperämie erreicht nach mehreren Stunden den Höhepunkt; sie bleibt einen bis zwei Tage auf gleicher Höhe und fällt dann allmählich wieder ab. Während dieser ganzen Zeit ist der Stoffwechsel gesteigert, der Blutdruck herabgesetzt, der Hämoglobingehalt vermehrt. Bei wiederholter Bestrahlung bräunt sich die Haut, selbst an Stellen, die nicht direkt bestrahlt wurden, das Aussehen des Patienten wird gesünder, übermäßiges Fett schwindet auch ohne besondere Diät, der Patient fühlt sich gesünder. Bei diesen Vorgängen spielen somit die Herabsetzung des Blutdrucks und die andauernde Hyperämie eine

---

[1]) Diese und die nächsten Spektralaufnahmen hat die Quarzlampen-Gesellschaft m. b. H., Hanau, freundlichst zur Verfügung gestellt.

sehr große Rolle; jedoch scheint die ultraviolette Bestrahlung auch einen Reiz auf die Epidermiszellen bzw. die feinen Nervenendigungen in der Haut auszuüben. Krankheitsherde heilen rasch ab. Wunden, die keine Neigung zur Heilung zeigen, werden günstig beeinflußt, da krankes Gewebe zur Abstoßung gebracht wird und gleichzeitig die Zellen zum Wachstum angeregt werden. Die Bestrahlung, von Finsen mit dem Kohlenbogenlicht zuerst versucht, zeitigt gute Resultate bei Lupus, auch bei Lungentuberkulose und chirurgischer Tuberkulose, Krankheiten, die bereits in der Heliotherapie in größeren Höhenlagen — es seien hier nur kurz die bahnbrechenden Behandlungen von Bernhard-Samaden und Rollier-Leysin genannt — einen günstigen Ausgang hatten. Daß die Quarzlampe, die sogar eine Behandlung außerhalb von Sanatorien gestattet, für diese Krankheiten mit der Heliotherapie in überlegenen Wettbewerb trat, ist nach dem oben Geschilderten über ihre starke Reizwirkung ohne weiteres verständlich.

Es gibt zwei Formen von Quarzlampen. Die eine ist die Kromayersche Lampe, mit der in der Hauptsache eine Kompressionsbestrahlung vorgenommen wird. Hierbei wird durch den Druck das Gewebe anämisiert und infolgedessen eine größere Tiefenwirkung der Lichtstrahlen erreicht. Sie findet also hauptsächlich Anwendung bei der Bestrahlung von zirkumskripten Herden. Die zweite Form ist die sogenannte „künstliche Höhensonne“, die für Fernbestrahlung geeignet ist. Ihr Vorteil ist u. a. der, daß der Patient — auch mehrere zur gleichen Zeit — von allen Seiten belichtet werden können, wodurch die Zirkulation in weitgehender Weise angeregt wird.

Faßt man alle Gesichtspunkte, die bei der Lichttherapie in Frage kommen, nochmals zusammen, so läßt sich sagen, daß die Lichtstrahlen die Lebensenergie des Gewebes steigern.

Für die örtliche Behandlung kommen die Quarzlampe und der Kohlenbogenlicht-Scheinwerfer in Frage. Die Quarzlampe ist zu verwenden bei Hautkrankheiten, sobald ein starker Hautreiz erforderlich ist, bei der Wundheilung in den Fällen, in denen schlechte Granulation usw., tuberkulöse Fisteln usw. ebenfalls einen starken Reiz nötig machen. Das Kohlenbogenlicht hingegen ist angezeigt bei Hautkrankheiten, bei denen eine entzündunghemmende Wirkung erzielt werden soll (rotes Licht) oder eine leichte Reizung beabsichtigt ist (blaues Licht), ferner bei der Wundbehandlung (meist weißes Licht), zur schnelleren Resorption von Blutergüssen und bei Quetschwunden, zur Heilung tuberkulöser Gelenkaffektionen, endlich von Neuralgien (blaues Licht).

Auf der Wellenskala folgt auf die Wellenlängen von ca. 100 $\mu\mu$ eine große Lücke, die erst wieder bei den Röntgenstrahlen geschlossen wird. Im Gegensatz zu den Lichtstrahlen haben die Röntgenstrahlen und auch die an sie anschließenden γ-Strahlen des Radiums das Bestreben, das Gewebe dauernd zu schädigen. Eine Röntgenröhre liefert ähnlich wie eine Lampe ein Gemisch von Strahlen, also — in übertragenem Sinne — weißes Licht. Sendet sie langwelligere Strahlen (um im Bilde des Lichts zu bleiben, also rotes Licht) aus, so nennen wir sie „weich“; ist hauptsächlich eine kurzwellige Strahlung (also blaues Licht) vorhanden, so spricht man von einer „harten“ Strahlung. Das Gemisch kann man durch das zum Betriebe der Röntgenröhre benutzte Instrumentarium beeinflussen, man kann auch durch geeignete Filter eine bestimmte Strahlung herausgreifen. Auch bei der Anwendung der Röntgenstrahlen muß zur Auslösung eines biochemischen Vorgangs eine Absorption im Gewebe stattfinden. Nun durchdringen zwar die Röntgenstrahlen die Haut und anderes Gewebe verschieden stark; wo sie aber Gewebsschichten ohne Schwächung passieren, haben sie keine Reaktion zur Folge. Wir verwenden daher weiche Röntgenstrahlen, also rotes Röntgenlicht, um die Hautschichten zu beeinflussen, härtere Strahlen (blaues Licht) für die Reaktion in tiefer liegenden Gewebsschichten, damit eben diese Strahlen nicht bereits in den darüberliegenden Schichten stecken bleiben.

Eine Erörterung der Röntgeninstrumentarien soll an dieser Stelle nicht stattfinden, doch sei darauf hingewiesen, daß die kürzlich ausführlich beschriebene Glühkathodenröhre von Siemens & Halske nicht nur der Diagnostik, sondern vor allem der Therapie mit Röntgen-

strahlen die übersichtlichen und physikalisch wie technisch streng richtigen Grundlagen gibt, die der Arzt schon lange ersehnte, zumal die Aussicht besteht, daß diese Röhre in Verbindung mit einer sinnreichen Schaltung die für die Tiefentherapie überaus wichtige fast monochromatische Strahlung (also „Licht“ einer bestimmten Wellenlänge) zu liefern vermag.

Dringen Röntgenstrahlen in lebendes Gewebe ein, so werden durch den vom Gewebe absorbierten Teil der Strahlen Schädigungen der Gewebezellen, und somit solche des Gewebes hervorgerufen; sie bestehen in einer Degeneration und Nekrobiose der Gewebezellen. Können sie daher zur Bestrahlung der auch von den Lichtstrahlen beeinflußten Krankheiten (Hautkrankheiten, Haarerkrankungen, Hauttuberkulose) in erhöhtem Maße herangezogen werden, so werden weiter auch bei karzinomatösen Erkrankungen der Haut, wie bei Epitheliomen und Sarkomen der Haut, vorzügliche Heilerfolge erzielt. Auch bei tiefsitzenden Karzinomen, Drüsenmetastasen und Mediastinalsarkomen ist es gelungen, durch Röntgenbestrahlung die Schmerzen zu lindern, das Fortschreiten der Krankheit zu verlangsamen und oft auch die Tumore zu verkleinern. Schmerzlinderung wird auch bei der Röntgeneinwirkung auf die sensiblen Nerven bei Neuralgien und Ischias erreicht. Die zerstörend wirkenden Röntgenstrahlen können also, wenn sie auf kranke Gewebe einwirken, Heilwirkungen hervorbringen, sie können aber auch umgekehrt an gesunden Geweben und Organen schädliche Wirkungen erzeugen; zu lange Bestrahlung kann zur Dermatitis, nach zu langen und zu starken Bestrahlungen als chronische Röntgendermatitis zur Verwüstung der Epidermis, zu Hautkankroiden und Epitheliomen führen, bei Metastasenbildung sogar den Tod zur Folge haben. Es sei hierbei noch auf die Erythemwirkung bei Anwendung der verschiedenen Strahlengattungen hingewiesen; die Inkubationszeit wächst nach kleineren Wellenlängen zu. Bei den Wärmestrahlen tritt ein Erythem sofort nach der Bestrahlung auf, ein Lichterythem erst nach einigen Stunden, während ein Röntgenerythem nach acht bis vierzehn Tagen, ein durch Radiumstrahlen hervorgerufenes sogar erst nach einem Monat in Erscheinung tritt.

Es kann an dieser Stelle nur ein kleiner Ausschnitt aus dem so wichtigen Gebiete der Röntgentherapie gegeben werden, nur soweit er für das Gesamtspektrum der elektromagnetischen Schwingungen interessiert. Das Thema ist damit noch lange nicht erschöpft, vor allem mußte auf die Ausblicke verzichtet werden, die sich durch Übertragung der Erkenntnis der Wirkung einzelner Strahlengattungen auf die Heranziehung anderer Strahlengruppen ergeben. Man bewegt sich aber in biochemischer Hinsicht noch viel auf hypothetischem Gebiet. Vielleicht wird der Schleier über manche Vorgänge bald gelüftet werden können, auf dem Röntgengebiet — es sei nur auf die Sekundärstrahlentherapie, die Sensibilisierung durch geeignete Stoffe im Vergleich zu der Sensibilisierung der photographischen Platte für bestimmte Farben hingewiesen — hat man schon manche erkenntnisfördernde Arbeit geleistet. Praktisch ist aber die moderne Strahlentherapie heute schon für viele Krankheiten ein hochwichtiger Faktor in dem Heilschatze der Medizin, ihre schönsten Früchte reifen ihr zweifellos gerade jetzt bei der Behandlung der Verwundeten, denen als Sonnen unsere Lichtstrahlen, die Röntgenstrahlen und die Hochfrequenzströme zu neuem Leben scheinen sollen.

Homogenität und Dosis.

Erwiderung auf die Angriffe in Herrn Dr. Christens Arbeit „Messung heterogener Röntgenstrahlen".

Von

Ingenieur **Friedrich Dessauer**, Frankfurt a. M.

I.

Herr Christen hat vor einigen Wochen in seinem Beitrag zu den Arbeiten der Sonderkommission für Dosimetervergleich Gelegenheit genommen, ältere Angriffe gegen mich zu wiederholen und neue anzureihen. Ich habe mich zunächst besonnen, ob ich — zumal in jetziger Zeit — überhaupt erwidern soll. Aber ich muß es wohl tun, denn die unwidersprochene Wiederholung von Angriffen bewirkt beim Leser leicht, daß er zur Meinung gelangt, es sei etwas daran. Und das wäre mir gerade bezüglich der Tiefentherapie nicht lieb.

Zunächst sagt Herr Christen (Seite 219): „Denn wir haben in der Tiefentherapie das größte Interesse daran, mit möglichst homogenen Strahlen (nicht, wie Dessauer meint, mit möglichst homogenem Feldel) zu arbeiten."

Nun, diese Forderung, mit möglichst homogenen Strahlen zu arbeiten, ist, wie wohl jeder älterer Röntgenologe weiß, seinerzeit von mir aufgestellt worden, zunächst vielfach bekämpft, dann vielfach übernommen, nach Jahren auch von Herrn Christen formuliert worden. — Aber außerdem habe ich damals ferner die Forderung aufgestellt, man solle auch mit möglichst homogenem Felde bestrahlen, d. h. also dafür sorgen, daß die verschiedenen Zonen eines ausgedehnten Krankheitsherdes nicht zu ungleich stark bestrahlt werden. Denn es nützt nichts, eine Zone übermäßig, eine andere hinreichend zu bestrahlen, wenn die dritte unterdosiert und damit evtl. sogar gereizt wird. Diese, wohlbemerkt zweite Forderung ist an verschiedenen Stellen genau begründet (z. B. in Homogenstrahlungslehre, Strahlentherapie Bd. V, Heft 1), ferner in meiner Auseinandersetzung mit Herrn Christen in meinem Buche „Radium, Mesothorium und harte X-Strahlen" (1914, bei Otto Nemnich, Leipzig, Kapitel 7). Diese Forderung scheint richtig, und es ist nichts Zutreffendes dagegen vorgebracht worden. Auch bei Christen findet sie sich in anderer Form. Herr Christen fährt — einige Zeilen tiefer — fort: „daß es übrigens — entsprechend meiner unveränderten Auffassung — mit der Heterogenität der Röntgenstrahlen lange nicht so schlimm steht, wie von einigen Autoren mit Vorliebe hervorgehoben wird, ergibt sich daraus, daß schon wenige Millimeter Aluminium genügen, um die Heterogenität recht nahe an Eins heranzubringen." — Er verweist dann auf meine gemeinsame Arbeit mit Ernst (Einige Probleme der Tiefenbestrahlung[1]), in welcher wir geschrieben haben: „Christen, der ursprünglich der Ansicht zuneigte, die Strahlung sei homogen . . ." und macht dazu folgende Fußnote zu dem Worte „zuneigte": „Christen" neigt „auch heute noch" der Ansicht zu, „daß die in der Therapie praktisch verwendeten Röntgenstrahlen homogen genug sind, um seine Grundlage in der Dosierung unangetastet zu lassen."

Also Herr Christen behält seine Ansicht? Oder nicht? Jedenfalls war früher seine Ansicht die: Christen schrieb 1913: „Im Gegenteil, man kann trotz der Adamsschen Versuche das Röntgenstrahlengemisch als nahezu homogen ansehen, wenigstens so homogen, daß die Abweichung für unsere praktischen Zwecke nicht in Betracht kommt." Wobei von der unfiltrierten Strahlung der Röhre, von ihrem Spektrum die Rede ist.

[1]) Strahlentherapie V, Seite 165.

zusammengestellt ist. Je kleiner die Wellenlänge, um so größer die Wechselzahl. Die Tabelle zeigt auch, daß noch manche Lücke in diesem Spektrum klafft, wenn auch seit Hertz bis in die jüngste Zeit hinein große Fortschritte gemacht worden sind, von der elektrischen und der optischen Seite her die Lücke zu verkleinern.

	Wechselzahl	Wellenlänge[1])
Weiche Röntgenstrahlen	3.10^{20}	$0{,}000002.10^{-3}$ mm = 0,02 $\mu\mu$
Ultraviolettes Licht	6.10^{15} = 6000 Billionen	$0{,}1.10^{-3}$ mm = 100 $\mu\mu$
Ende des sichtbaren Lichts	2.10^{15} = 2000 Billionen	$0{,}3.10^{-3}$ mm = 300 $\mu\mu$
Natriumlicht	1.10^{15} = 1000 Billionen	$0{,}6.10^{-3}$ mm = 600 $\mu\mu$
Anfang des sichtbaren Lichts	7.10^{14} = 700 Billionen	$0{,}8.10^{-3}$ mm = 800 $\mu\mu$
Wärmestrahlen	6.10^{13} = 60 Billionen	10.10^{-3} mm = 10 μ
längster Wärmestrahl	$1{,}2.10^{12}$ = 1,2 Billionen	500.10^{-3} mm = 500 μ = 0,5 mm
schnellste bekannte elektrische Schwingung	1.10^{11} = 100 Milliarden	6 mm
schnellste von Hertz verwendete Schwingung	10^{9} = 1 Millarde	60 cm
Schwingungen der drahtlosen Telegraphie	10^{6} = 1 Million 10^{5}	600 m 6000 m
Wechselstrom der Kraftzentralen	10^{2}	6000 km

Noch anschaulicher werden vielleicht die Verhältnisse durch Fig. 2.

Auf der horizontalen Geraden ist eine Einteilung nach Millimeter Wellenlänge vorgesehen, und zwar ist die Einteilung so getroffen, daß von der Mitte aus die Graduierung nach Zehner-Potenzen fortschreitet. Wir haben also von der Mitte aus nach links die Wellenlänge 10^{1} = 10 mm, 10^{2} = 100 mm, 10^{3} = 1000 mm usw. Von der Mitte aus nach rechts sind die Wellenlängen kleiner als 1 mm eingetragen, und zwar 10^{-1} = 1/10 mm, 10^{-2} = 1/100 mm usw. Wir haben dann nach der Seite der großen Wellenlängen hin die elektrischen Schwingungen und zwar am äußersten Ende die Schwingungen, die die drahtlose Telegraphie verwendet.

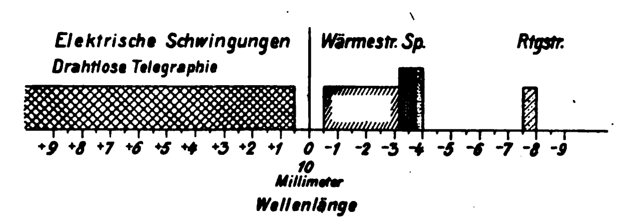


Fig. 2. Wellenlängen des elektromagnetischen Spektrums.

Denken wir uns die Wellenlänge noch größer, d. h. die Wechselzahl kleiner werden, so kommen wir schließlich in das Gebiet der Wechselzahlen für die technischen Wechselströme. Wir sind nach dem allgemein über die Schwingungen Gesagten berechtigt, diese als ungedämpfte Schwingungen anzusehen, deren Wechselzahl etwa 100 in der Sekunde beträgt. Die Periodenzahl ist dementsprechend 50; die Wellenlänge würde 6000 km betragen, ein solcher Wechselstrom wird von den meisten Kraftzentralen geliefert. Schließlich können wir auch den Gleichstrom als Wechselstrom von unendlich großer Wellenlänge ansehen und somit unserem Gesamtspektrum unterordnen.

Auf der rechten Seite ist zwischen 10^{-3} und 10^{-4} mm (1/1000 und 1/10000 mm) das sichtbare Spektrum mit SP bezeichnet; auf der Seite des langwelligen Spektrums, also der roten Strahlen, schließt sich nach links das Gebiet der Wärmestrahlen an, und zwar liegt der bisher bekannte längstwellige Wärmestrahl, den wir Untersuchungen von Rubens verdanken, bei 0,5 mm. Diese langwelligen Wärmestrahlen bezeichnet man als Reststrahlen, weil sie durch

[1]) Man bezeichnet mit $\mu = {}^{1}/_{1000}$ mm, mit $\mu\mu$ den tausendsten Teil hiervon, also ${}^{1}/_{1000000}$ mm.

Filtration der Strahlen eines Auerbrenners ausgesondert wurden. Zwischen diesen Wärmestrahlen und der kürzesten elektrischen Schwingung, die man bisher hat herstellen können (sie hat eine Wellenlänge von 3 mm), liegt ein Gebiet, aus welchem augenblicklich eine Strahlenart nicht bekannt ist. Sollte eine solche aber einmal gefunden werden, was absolut nicht ausgeschlossen ist, so wissen wir ganz genau, daß dem Strahl, der diese kleine Wellenlänge hat, die Eigenschaften der Reflexion, der Beugung und der Interferenz zukommen, genau wie den bisher bekannten Wellen der elektrischen Schwingungen oder der Wärmestrahlen. Auf der rechten Seite des sichtbaren Spektrums setzt sich an den blauen und den violetten Teil das schmale Gebiet der ultravioletten Strahlung an, deren Wellenlänge in der Größenordnung von 10^{-4} mm liegt. Wie schon vorher kurz angedeutet, kommt nun auch den Röntgenstrahlen eine bestimmte Wellenlänge zu, und wir werden gleich sehen, auf welche Weise die Wellenlänge bestimmt worden ist. Aus der Abbildung ist zu erkennen, daß das Wellenlängen-Gebiet der Röntgenstrahlen erst in weitem Abstande von den bisher bekannten kürzesten Lichtstrahlen beginnt, und daß dazwischen ein großer Raum liegt, von dem wir augenblicklich gar keine Kenntnis haben.

Die Analogie der Röntgenstrahlen mit den Lichtstrahlen wurde schon sehr zeitig vermutet; sie folgte aus gewissen theoretischen Überlegungen; man konnte sie aber nicht durch das Experiment erhärten. Insbesondere fehlte der Nachweis der Beugung, die man bei den Lichtstrahlen an sogenannten Beugungsgittern zeigt.

Es hat sich beim Studium der Beugung anderer Strahlenarten herausgestellt, daß die Erscheinungen am schönsten auftreten, wenn man Beugungsgitter verwendet, deren Spaltbreite etwa 100mal so groß ist als die Wellenlänge des zu beugenden Lichtes. Dementsprechend hat man für Lichtstrahlen Beugungsgitter hergestellt, die bis zu 1000 Spaltlinien auf den Millimeter besitzen. Bringt man ein solches Gitter in den Strahlengang eines homogenen Lichtes, das man vorher durch einen engen Spalt hat durchtreten lassen, so sieht man auf einem Projektionsschirm nicht nur die Abbildung dieses Spaltes, sondern rechts und links davon noch eine Anzahl weiterer Spaltbilder, deren Zahl von der Feinheit des Beugungsgitters abhängt. Wendet man z. B. rotes Licht an, so ist bei einem gewissen Beugungsgitter der Abstand der einzelnen Spaltbilder von einer bestimmten Größe. Benutzt man ein Licht aus dem kurzwelligen Teil des Spektrums, z. B. grünes oder blaues Licht, so liegen die Spaltbilder bei demselben Beugungsgitter näher aneinander. Es wird also kurzwelliges Licht weniger stark gebeugt als langwelliges. Man hat somit ein Mittel in der Hand, Strahlengemische mittels dieser Beugungsgitter zu trennen, und in der Tat, wenn man weißes Licht anwendet, werden in den Spaltbildern die einzelnen Strahlensorten getrennt, und man hat rechts und links von der Haupt-Spaltabbildung Spaltbilder, in denen die einzelnen Farben wie beim Regenbogen nebeneinander liegen, und zwar nach dem Obengesagten das blaue Licht nach der Innenseite zu, das gelbe und rote Licht an den Außenseiten.

Für die so überaus geringe Wellenlänge der Röntgenstrahlen würde daher ein solches Beugungsgitter immer noch viel zu grobmaschig sein. Aus der Figur 2 ist sofort zu erkennen, daß es unter den eben genannten Bedingungen gar nicht möglich ist, mechanisch ein Gitter herzustellen, dessen Spaltbreite nur etwa 100 mal so groß ist als die Welle der Röntgenstrahlen. Da kommt nun die Natur selbst zu Hilfe, und es ist das große Verdienst der Herren Laue, Friedrich und Knipping, diesen Weg gewiesen zu haben[1]).

Die genannten Herren gingen von der Voraussetzung aus, daß der regelmäßige Aufbau der Kristalle der Mineralien auf eine symmetrische Gruppierung der sie konstituierenden Moleküle zurückzuführen sei. Man kann sich nun vorstellen, daß dort, wo die unendlich kleinen Grenzflächen der Moleküle aneinander grenzen, ein Gitterwerk, ein sogenanntes „Raumgitter"

[1]) Laue, Friedrich und Knipping: Interferenzerscheinungen bei Röntgenstrahlen. Sitzungsberichte der Kgl. Bayer. Akademie der Wissenschaften, München 1912.

entsteht. Auf ein solches Raumgitter, z. B. aus Zinksulfid, wurde aus einer ganz feinen Öffnung ein Bündel Röntgenstrahlen geworfen. Diese durchdrangen zunächst den Kristall und gaben auf einer dahinter aufgestellten photographischen Platte eine scharfe Abbildung der Blendenöffnung, aus der sie stammten. Bei einer längeren Expositionszeit, die einen Tag, ja sogar mehrere Tage betrug, zeigte sich nun eine Reihe von Beugungsbildern, deren Beschaffenheit und Lage mit den theoretisch berechneten Eigenschaften des Raumgitters gut übereinstimmen[1]). Aus den Beugungsbildern konnte dann genau, wie bei den sichtbaren Strahlen, die Wellenlänge der Röntgenstrahlen berechnet werden.

Die Abbildung 3 zeigt das Ergebnis einer derartigen Anordnung. Man erkennt in der Mitte die Abbildung der Blendenöffnung und sieht eine Reihe von schwächeren und stärkeren Flecken, die gegen den Durchstoßungspunkt völlig symmetrisch liegen. Diese schwarzen Punkte geben eine Interferenzfigur von großer Schärfe, wie sie nur eine sehr homogene periodische Schwingung erzeugen kann. Damit war der Beweis für die Lichtnatur der Röntgenstrahlen erbracht.

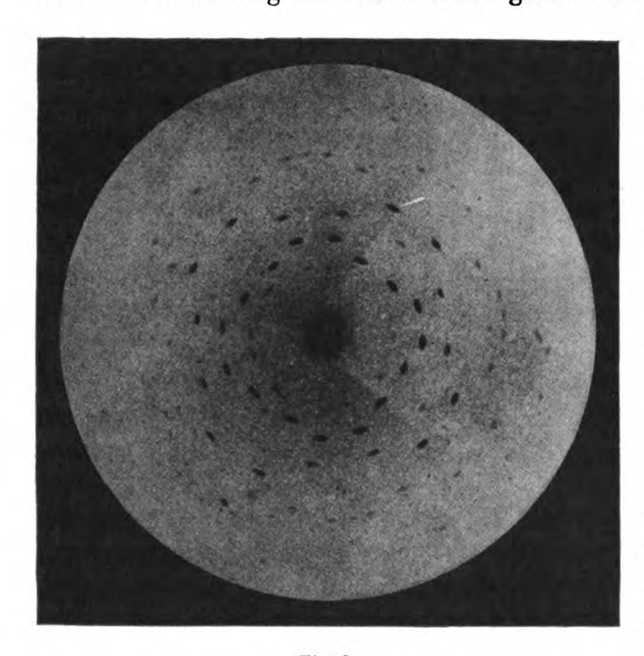


Fig. 3.
Beugungsbilder der Röntgenstrahlen an einem Kristall.

Über die Anwendung des elektromagnetischen Spektrums in der Medizin läßt sich ganz allgemein sagen, daß die Schwingungen das Gewebe zu durchdringen vermögen und auf die Zelle teils zerstörend, teils erhaltend oder ihr Wachstum fördernd einwirken. Man darf nicht sagen, daß dem einen Teil des Spektrums die eine Wirkung allein, einem anderen Teil ausschließlich eine andere Wirkung zugeschrieben werden muß, wenn auch sicherlich in jedem Falle die eine oder andere Wirkung in den Vordergrund tritt. Vorhanden sind beide bei jeder Applikation irgendeiner Schwingungsform (langwellig oder kurzwellig); sie kommen nur verschieden zum Ausdruck, da nicht alle Gewebe gleichmäßig ansprechen. Es ist Sache des Arztes, sich die eine oder andere Form nutzbar zu machen. Diese Erscheinung können wir an einem einfachen Beispiel aus dem täglichen Leben erhärten. Bei einer leuchtenden Gasflamme benutzt man die Lichtstrahlen, um den Raum zu erhellen, die Wärmewirkung nimmt man als unerwünschte Nebenwirkung mit in Kauf. Beim Heizen ist die Wärmewirkung die Hauptsache, während auf die damit verbundene Leuchtwirkung kein Gewicht gelegt wird. Man hat es aber im Lauf der Jahre verstanden, die Flammen so zu modifizieren, daß ihre Leuchtkraft sehr groß und die Wärmeerzeugung nur gering ist (z. B. Auerstrumpf), während man andererseits die Heizkraft der Flamme gesteigert, und dafür die Leuchtkraft vermindert hat (z. B. Bunsenbrenner). Ähnlich liegt es auch beim Lichtbad, wo die Leuchtkraft der Glühlampen ganz nebensächlich ist, während man zur spezifischen Lichtbestrahlung intensiver leuchtende Lampen (Bogenlampen) nimmt und durch allerhand Hilfsmittel die Wärmewirkung auf den Körper verringert. Eine Erwärmung des Gewebes — um nur eine Wirkung der in den Körper eindringenden elektromagnetischen Schwingungen zu erwähnen — wird bei der Einwirkung eines jeden Teils des Spektrums auftreten; in der Tat beobachtet man sie bei der Anwendung der sogenannten Dia-

[1]) Die Versuche wurden mit den Siemens-Wolframröhren angestellt, die mit etwa 10 Milliampère belastet wurden und oft mehr als 72 Stunden dauernd am Gleichrichter in Betrieb waren.

thermieströme als vorherrschende Wirkung dieser Ströme. Bei der Einwirkung des kurzwelligeren Teils des Spektrums ist sie sicherlich auch vorhanden, tritt aber vor anderen Wirkungen, vielleicht chemischer Natur, völlig in den Hintergrund, so daß sie trotz empfindlicher Meßmethoden nicht offenbar wird. Man hat auch versucht, die Energie der Röntgenstrahlen durch Messung der Wärmemenge, die bei der Absorption der Strahlen in Metallen erzeugt wird, zu messen, doch beanspruchen die gewonnenen Resultate nur physikalisches Interesse. Andererseits ist sicherlich die Wärmewirkung nicht das alleinige Spezifikum der Diathermieströme. Bei ihrem heilenden Einfluß sprechen sicherlich noch andere Momente mit, über die wir aber heute noch nichts aussagen können.

Jedem biologischen Vorgang, der durch die Strahlung hervorgerufen ist, ob er nun sichtbare Veränderungen zur Folge hat, oder ob er nur psychisch empfunden wird, liegt eine chemische Veränderung zugrunde, die durch die Bestrahlung hervorgerufen wird. Über die Natur dieses durch Strahlung ausgelösten chemischen Reizes ist so gut wie nichts bekannt. Genauere Untersuchungen hat man darüber im Gebiet der Lichtstrahlen angestellt und es ist anzunehmen, daß die biochemische Wirkung des Lichtes nach ähnlichen Gesetzen stattfindet, wie sie bei einfacheren photochemischen Vorgängen beobachtet werden. Dabei muß aber eine Bedingung notwendig erfüllt werden. Das Licht muß von den reagierenden Bestandteilen absorbiert werden. Das gilt nun nicht nur für das Licht, sondern für den gesamten Spektralbereich der elektromagnetischen Schwingungen: Biologische Vorgänge können nur dann ausgelöst werden, wenn die elektromagnetischen Schwingungen in der Zelle absorbiert werden. Die biologische Wirkung der Strahlen des Gesamtspektrums ist also abhängig von der Absorption durch das Gewebe. Die langwelligen Strahlen (Hochfrequenzströme, Wärmestrahlen, Lichtstrahlen) werden nur in geringerem Grade in den Oberflächenschichten absorbiert. Die Strahlen durchdringen das Gewebe um so weniger, je kleiner die Wellenlänge wird. Die Zellen der Haut werden nur von den Strahlen kürzester Wellenlänge beeinflußt. Je kürzer also die Wellenlänge, um so größer ist die biochemische Wirksamkeit der Strahlen in der absorbierenden Zelle.

Welche Methoden, welche Apparate wendet man nun bei der medizinischen Applikation der Strahlen des Gesamtspektrums an? Wenden wir uns der Skala in Abb. 2 wieder zu und beginnen wir links mit den langwelligen Strahlen. Wir sehen bereits oben, daß wir unter der Annahme, daß der Gleichstrom eine unendlich große Wellenlänge habe, auch ihn unserem Spektrum unterordnen dürfen.

Schickt man Gleichstrom durch den Körper, so entsteht im Augenblick des Einschaltens ein Reiz auf die Nerven. Nach Nernst erzeugt der Fluß eines elektrischen Stromes in einem Leiter zweiter Klasse, wie es das organische Gewebe darstellt, im wesentlichen keine anderen Wirkungen, als Ionenverschiebungen. Fließt der Strom durch zwei verschiedene Leiter hintereinander, so entstehen dadurch an der Grenze der beiden Leiter Konzentrationsänderungen. Auch den menschlichen Körper kann man als ein System verschiedener Leiter auffassen. Außer den wäßrigen Lösungen enthält er das Protoplasma, das ein zweites Lösungsmittel darstellt. Die Konzentrationsdifferenzen zwischen den angrenzenden Medien sind als Ursache des Nervenreizes anzusehen.

Verwendet man Wechselstrom niedriger Periodenzahl, so werden die von der einen Halbwelle hervorgerufenen Konzentrationsänderungen von der nächstfolgenden wieder rückgängig gemacht. Den Gleichstrom wendet man bei der Galvanisation an, den Wechselstrom bei der Faradisation. Die letztere hat stärker erregende Eigenschaften und nicht die beruhigende Wirkung, die der Durchströmung mit dem gleichmäßig fließenden galvanischen Strom eigen ist. Abb. 4 zeigt einen Apparat, der galvanische und faradische Ströme zu entnehmen gestattet. Sowohl der Gleichstrom, als auch der Wechselstrom werden besonderen Maschinen entnommen, um von den unvermeidlichen Schwankungen der Licht- und Kraftzentralen unabhängig zu sein und durch Zufälligkeiten (Erdschluß u. dgl.) den Patienten

nicht zu gefährden. Die Konzentrationsänderungen werden mit steigender Stromstärke unerträglich und unter Umständen sogar lebensgefährlich.

Nernst hat für das Zustandekommen eines Reizes bei Wechselstrom das Gesetz aufgestellt, daß die für den Reiz eben noch genügende Stromstärke proportional mit der Quadratwurzel aus der Frequenz steigt. Erhöht man die Frequenz, nimmt man Schwingungen kleinerer Wellenlänge, so kann man die Stromstärke steigern, ohne eine merkliche Reizwirkung zu erzielen. In der Tat werden bei der nächsten Gruppe im Spektrum, den elektromagnetischen Schwingungen im engeren Sinne, d. h. den Hochfrequenzströmen, Stromstärken ohne Gefahr verwendet, die das Tausendfache derjenigen sind, die man bei der Faradisation verwenden darf. Eine scharfe Grenze ist beim Übergang von den niederfrequenten zu den hochfrequenten Stromstärken für das Aufhören des sensiblen und motorischen Reizeffektes schwer festzustellen. Praktisch kann man jedoch mit dem völligen Verschwinden der Reizwirkungen bei einer Periodenzahl von 1 Million in der Sekunde rechnen; wahrscheinlich ist die Grenze hierbei schon erheblich überschritten.



Fig. 4.
Universal-Anschlußapparat.

Die Hochfrequenzströme wurden zuerst von d'Arsonval in die Medizin eingeführt. Die Apparate lehnten sich in ihrer Konstruktion eng an die von Tesla angegebenen Hochfrequenzapparate an, arbeiteten also mit den alten, auch von Hertz angegebenen Funkenstrecken. Sie erzeugten gedämpfte Schwingungen. Außerdem wurden diese Ströme nur mit hoher Spannung angewendet, die sich in Effluvien an den Elektroden kundtat. Ein Apparat für die Arsonvalisation ist in Abb. 5 dargestellt. Seine Wirkung soll teils eine anregende, teils eine gewebszerstörende sein; dementsprechend ist auch die Anwendung verschieden. Die erste Art, allgemeine Arsonvalisation, wird empfohlen bei arterieller Hypertension, bei Zirkulations- und Stoffwechselerkrankungen, nervösen Zuständen, Schlaflosigkeit usw. Entweder findet die Behandlung in einem großen Solenoid statt (Autokonduktion) oder auf dem Kondensatorbett. In beiden Fällen ist der Patient nicht in leitender Verbindung mit den Stromkreisen. Unmittelbare Berührung mit Elektroden findet nur noch selten statt, da dies Verfahren durch die Diathermie abgelöst ist. Die zweite Art der Arsonvalisation ist die der Hochfrequenzfunkentherapie. Sie hat drei klinische Formen a) Fulguration (de Keating-Hart), intensivste Form der Funkentherapie, wegen Schmerzhaftigkeit nur in der Narkose möglich; es finden oberflächliche Gewebszerstörungen statt und Anregung zur Granulation; b) Kondensationsfunkenmethode, eine milde Form der Fulguration, meist verwendet als lokaler Hautreiz, zur Derivation, Analgesierung, c) Hochfrequenzeffluvien, stille Entladungsform, Büschelentladung. Die biologische Wirkung dieser drei Formen ist insofern einheitlich, als bei allen dieselben physikalischen Komponenten zur Wirkung gelangen. Der Unterschied ist ein rein quantitativer. Ein großer Teil des biologischen Effekts ist wohl der mechanischen Wirkung des Hochfrequenzfunkens zuzuschreiben; kapillare Blutungen, Vasomotorenbeeinflussung, Erythem, Degeneration der Tumorzellen bei der Fulguration, vor allem aber der Hautreiz, das Prickelgefühl; daneben

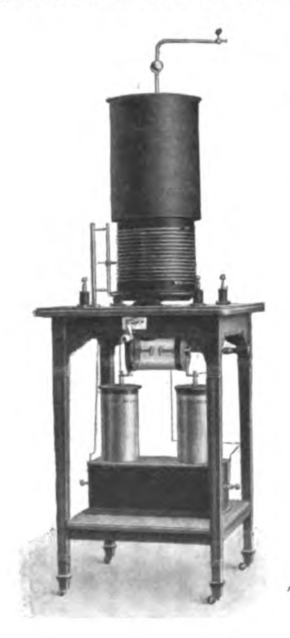


Fig. 5.
Arsonvalisationsapparat.

sprechen noch andere Momente mit, über die sich aber sowohl qualitativ, als auch quantitativ wenig aussagen läßt.

Eine allgemeine biologische Wirkung der Hochfrequenzströme ist die Wärmewirkung, die überall auftritt, wo Ströme einen Leiter durchfließen. Infolge ihrer geringen Intensität haben die Arsonvalströme nur einen sehr geringen Wärmeeffekt, was ihre therapeutische Bedeutung beeinträchtigt. Man kann im Zweifel sein, ob die Hochfrequenzströme neben der Wärmewirkung eine ihnen eigentümliche spezifische Wirkung besitzen. Der Zweifel scheint nicht berechtigt, wenn auch Stimmen laut wurden, welche die biologischen Wirkungen nur auf die geringen Wärmewirkungen zurückzuführen und alle übrigen Wirkungen mit Suggestion zu erklären suchen.

Das Diathermieverfahren ist eine zweite, intensiver wirkende Form der Hochfrequenztherapie. Man ist mit der Diathermie imstande, Wärme in beliebig einstellbaren Graden und lokalisiert in beliebige Tiefen des Körpers zu bringen. Sie ist aber mit den anderen Methoden der Thermotherapie nicht gleichzustellen, da es auf keine andere Weise gelingt, Wärmeenergie als solche in das Innere des Körpers hineinzubringen. Weder ist das Verfahren vergleichbar mit den bisherigen Anwendungsarten von Wärme (Kompressen, Heißluft-, Dampfbad), bei denen durch Wärmeleitung nur eine Kollateralwirkung hervorgerufen wird, noch auch mit der anderen Formen der Wärmesteigerung, nämlich der Erhöhung der pathologischen Verbrennung im Fieber. Hier hochgradige Schädigungen des Gesamtorganismus, beim Diathermieverfahren eine allgemeine Temperaturerhöhung durch eine fremde, von außen zugeführte Energie, die in der Tiefe des Körpers auf nicht pathologischer Basis deponiert wird; es werden dabei die Reservematerialien des Körpers nicht in Anspruch genommen.

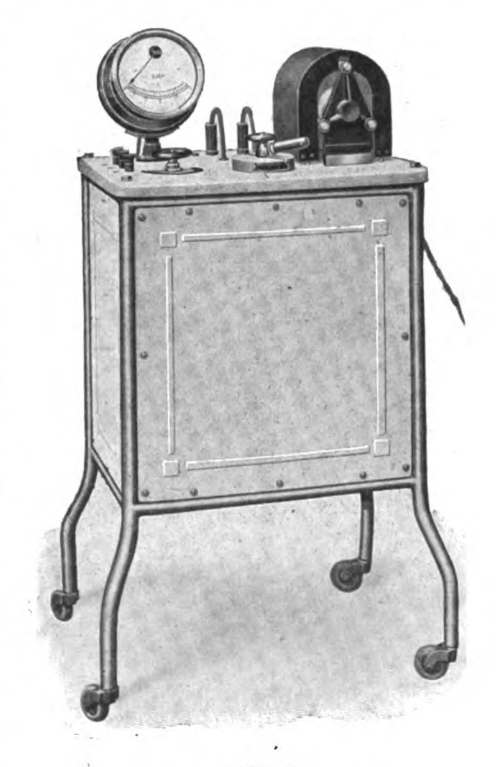


Fig. 6.
Diathermieapparat.

Die wesentlichste physiologische Wirkung der Diathermieströme ist also die Temperaturerhöhung. Sie kann jedoch nicht beliebig anwachsen; ihr wirken zwei Faktoren entgegen, der Wärmeaustausch durch Leitung und die Blutzirkulation, deren Einfluß ein ausgleichender ist. Dieser Einfluß ist um so größer, weil eine örtliche arterielle Hyperämie erzeugt wird, d. h. eine Vermehrung und Beschleunigung des Blutstromes.

Außer der Hyperämie ist eine weitere physiologische Wirkung der Diathermieströme die Steigerung der Zellfunktion, nämlich Beschleunigung des Stoffwechsels, mithin Erhöhung der Funktionsfähigkeit. Diese Wirkung äußert sich z. B. bei Drüsen in erhöhter Sekretion. Sie geschieht, wie oben erwähnt, nicht auf Kosten der im Körper vorhandenen Ersatzstoffe, sondern auf Grund eines Zuwachses an Energie, die von außen eingeführt wird. Ferner besitzt die Diathermie eine hervorragende tonisierende und inhibierende Wirkung auf das Nervensystem; hierauf beruht die auffallend schmerzstillende Eigenschaft der Diathermieströme. Wenn auch sicherlich hierauf die Hyperämie und die Wärme Einfluß haben, so ist vielleicht auch irgendwelcher spezifischer Einfluß des elektrischen Stromes auf die Nerven zur Erklärung heranzuziehen.

Das Verfahren arbeitet mit Apparaten, die nach modernen Gesichtspunkten für die Hochfrequenzerzeugung gebaut sind und fast ungedämpfte Schwingungen liefern. Abb. 6 zeigt den Typ eines solchen Apparates.

Es sind zwei Hauptgruppen der Applikationen zu unterscheiden:

1. Die Thermotherapie: Die Temperatur wird nicht wesentlich erhöht. Einerseits werden einzelne Organe durchwärmt (lokale Diathermie), andererseits soll der gesamte Körper auf eine höhere Temperatur gebracht werden (allgemeine Diathermie). Besonders erfolgreich ist das Verfahren bei den Erkrankungen der Gelenke und der Muskeln gewesen. Der Gelenkrheumatismus bildet in seinen mannigfachen Formen ein dankbares Angriffsobjekt für Diathermie. Es kommen ferner in Betracht die Behandlung der traumatischen Gelenkversteifungen, deren Funktionsfähigkeit bedeutend schneller eintritt, und die Nachbehandlung von Frakturen. Es seien ferner nur kurz erwähnt der Muskelrheumatismus, die traumatischen Schädigungen der Muskeln, die Erkrankungen des Nervensystems, so die Ischias und die Neuralgien verschiedener Provenienz, die Erkrankungen des Herzens (chronische Entzündung des Herzmuskels, Herzklappenfehler), die Erkrankungen der Lunge und der Pleura.

2. Die chirurgische Diathermie; hier wird die Temperatur von Geweben bis zur Koagulation oder Nekrose erhöht, das Gewebe zerstört. Der Wert der Methode liegt darin, daß keine Lymph- und Blutbahnen eröffnet werden, so daß eine Verschleppung von Keimen ausgeschlossen ist. Die Koagulierung von erkranktem Gewebe führt zu einer totalen Sterilisierung. Die Hauptindikationen sind tuberkulöse Erkrankungen der Haut, Schleimhaut (Lupus), der Nase, des Rachens, des Kehlkopfs, ferner leicht blutende Affektionen, Kavernome, Angiome, Polypen, sodann vor allem die zugänglichen malignen Tumoren, und zwar ist das kleinste Hautkankroid der Methode ebenso zugänglich wie der größte Tumor (nach Nagelschmidt).

Aus diesen Darlegungen geht hervor, daß bereits der Teil des Gesamtspektrums, der die elektromagnetischen Schwingungen umfaßt, für einen wichtigen Zweig der Medizin bedeutungsvoll ist. Man verwendet meist Schwingungen, deren Schwingungszahl in der Größenordnung von einer bis zwei Millionen liegt, also Wellenlängen von 600 bis 300 m. Es ist gleichgültig, welche Schwingungszahl bei der Diathermie eingehalten wird, wofern sie nur, wie oben gezeigt ist, über 100000 liegt, damit keine Reizwirkung eintritt. Ohne weiteres würde man höhere Schwingungszahlen verwenden können, also kleinere Wellenlängen, doch geht beim Bau solcher Apparate meistens die Leistung erheblich herab, weshalb es keinen Sinn hat, sie auszunutzen; will man doch gerade eine erhebliche Stromstärke, also große Erwärmungen erzielen.

Die kleinsten Wellenlängen auf der elektrischen Seite des Spektrums interessieren also den Mediziner wenig; auch die größten Wärmewellen nach der Lücke (siehe die Skala) beanspruchen nur physikalisches Interesse. Schon ihre Bezeichnung „Reststrahlen" deutet darauf hin, daß ihre therapeutische Ausnutzung nur verschwindend kleine Wirkungen auslösen würde. Erst von etwa 10 μ (0,01 mm) ab erhält man Wellenlängen, die das Gewebe durchdringen. Die Wärmestrahlen erzeugen aktive arterielle Hyperämie der Haut, regen so die Zirkulation und den Stoffwechsel an und erleichtern die Resorption von Exsudaten. Zur Erzeugung der Wärmestrahlen benutzt man, falls man nicht gerade Hitze ausstrahlende Medien (Heißluft, Gasofen) verwendet, die aber gewisse unerwünschte Nebenerscheinungen haben, das Lichtbad, wobei man die Lichtwirkung der benutzten Glühlampen mit in Kauf nimmt. Es wird sogleich zu erörtern sein, weshalb auch die Lichtstrahlung von Bedeutung für die chemische Wirkung sein kann; bei der Glühlampe ist diese nur wenig vorhanden. Der Hauptspektralbereich liegt bei der Glühlampe etwa im Gelb anfangend, im Rot und Ultrarot, und zwar gilt dies für Kohlenfadenlampen, jedoch nicht für Metallfadenlampen. Der Vorzug der Lichtbäder liegt darin, daß der Patient von der Wärmequelle räumlich getrennt ist und die Erhöhung seiner Temperatur nur durch strahlende Wärme stattfindet. Während bei den Wärmeleitungsbädern die Temperatur der den Patienten umgebenden Luft- oder Dampfmasse notwendigerweise verhältnismäßig hoch ist, wird in den elektrischen Wärmestrahlungsbädern die Luft nur wenig erwärmt (Luft ist bekanntlich diatherman). Der Schweißausbruch erfolgt deshalb bei den Strahlungsbädern bei verhältnismäßig niederer Temperatur und nach kurzer Zeit, ohne daß eine Wärmestauung im Patienten eintritt.

Auf dem an die Wärmestrahlen anschließenden Bereich der Lichtstrahlen beruht eine Art der Strahlentherapie, die seit alters her geübt wurde, ohne daß man sich stets bewußt war, daß die Licht spendende Sonne, auch Heilkräfte aussendet. Das Sonnenbad als Allgemeinbehandlung, also die Wirkung der Sonne auf die Hautoberfläche ist wohl das energischste Tonikum und das beste Kräftigungsmittel. Auch bei örtlicher Behandlung fand man, daß die Sonnenstrahlen neben den reduzierenden und schmerzstillenden Wirkungen bakterizide und sklerotisierende haben. Man war lange im Zweifel, auf welche Ursachen die Erfolge der Heliotherapie zurückzuführen sind, soweit sie nicht durch Wärmewirkung zu erklären waren. In dem Bestreben, sich namentlich in unsern Breiten von dem Sonnenlicht unabhängig zu machen, hat man auf die künstlichen Lichtquellen zurückgegriffen und fand dabei, daß den verschiedenen Strahlen, aus denen das Sonnenlicht zusammengesetzt ist, besondere Wirkungen zukommen. Das Bogenlicht kommt in seiner Zusammensetzung dem Sonnenlicht am nächsten. Trotzdem war es in vieler Beziehung kein vollgültiger Ersatz; in mancher Hinsicht zeigte es sich dagegen dem Sonnenlicht überlegen. Das wies darauf hin, daß manche Strahlengattungen, aus denen das weiße Licht zusammengesetzt ist, in der einen oder anderen Lichtquelle fehlen und diesen Strahlen besondere therapeutisch wichtige Eigenschaften anhaften, das um so mehr, als selbst der Erfolg der Heliotherapie ein anderer war, ob man in der Ebene oder auf Bergeshöhe die Bestrahlungen vornahm.

Zerlegt man das Sonnenlicht im Spektrographen, so erhält man bekanntlich die Farben des Regenbogenbandes. Die Wellenlängen der Farben setzen sich lückenlos an die Wellenlänge der Wärmestrahlen an. Es erscheinen nach fallenden Wellenlängen geordnet zuerst die roten Strahlen; die Grenze, bei der die Strahlung mit dem Auge als Licht wahrgenommen wird, ist nicht scharf und bei verschiedenen Individuen verschieden. Auf die roten Strahlen folgen die gelbroten, gelben, grünen, blauen und die violetten. Dieser Teil wird das sichtbare Spektrum genannt. Es reicht von etwa 800 $\mu\mu$ bis 400 $\mu\mu$; seine kurzwellige Grenze ist ebensowenig scharf, wie die auf der roten Seite. In der schematischen Abb. 7 sind in der oberen Reihe die Längen der verschiedenen Strahlungswellen nach zunehmender Größe eingetragen.

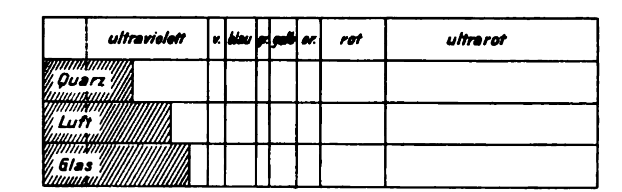


Fig. 7.
Schematische Darstellung des Sonnenspektrums.

Es wurde bereits oben erwähnt, daß unser Auge nicht für den gesamten Farbenbereich gleichmäßig empfindlich ist, und daß die photographische Platte noch auf Strahlen reagiert, die das Auge nicht mehr als Licht empfindet. Die photographische Platte wird erst von Lichtstrahlen geschwärzt, die kleiner als 600 $\mu\mu$ sind, in deren Nähe die bekannte Natriumlinie (D) bei 589 $\mu\mu$ liegt. Nimmt man das Sonnenspektrum im Spektrographen photographisch auf, so wird es daher von 600 $\mu\mu$ ab auf der Platte sichtbar sein. (Siehe die photographische Wiedergabe des Sonnenspektrums Abb. 8.) Die Platte zeigt aber auch noch eine Schwärzung jenseits des kürzesten Lichtstrahls, der auf das Auge wirkt. Diese Schwärzung stammt von der Einwirkung der ultravioletten Strahlen, deren Gebiet von 400 $\mu\mu$ bis etwa 90 $\mu\mu$ reicht.

Bei der Einwirkung der Lichtstrahlen auf die photographische Platte handelt es sich um chemische Prozesse. Die Anschauungen, die die Photochemie über diese Vorgänge hat, legt man auch den Erscheinungen in der Biochemie zugrunde. Wir kennzeichneten die chemische Wirkung auf die Zelle bereits als Reizwirkung, sie fängt beim Gelb an und ist am stärksten bei den ultravioletten Strahlen. Die stark reizende, entzündungerregende Wirkung der blauvioletten Spektrumseite hat man erfolgreich zur Behandlung einer Reihe von Hautkrankheiten (chronischen Ekzemen, Psoriasis usw.), von schlecht granulierenden Wunden, veralteten Beingeschwüren, tuberkulösen und fistulösen Wunden angewendet. Auf dieser Wirkung gründete Finsen seine Lupusbehandlung, die ja auch äußere Zeichen einer starken Entzündung der be-

handelten Stelle und ihrer unmittelbaren Umgebung mit sich bringt. Bei diesen Anwendungen fand man die entzündunghemmende Eigenschaft der roten Strahlen. Ihnen fehlt also jeder Reiz, wodurch die Erfolge dieser Strahlen bei nässenden Ekzemen, Erysipel, Urtikaria und der Wundheilung zu erklären sind.

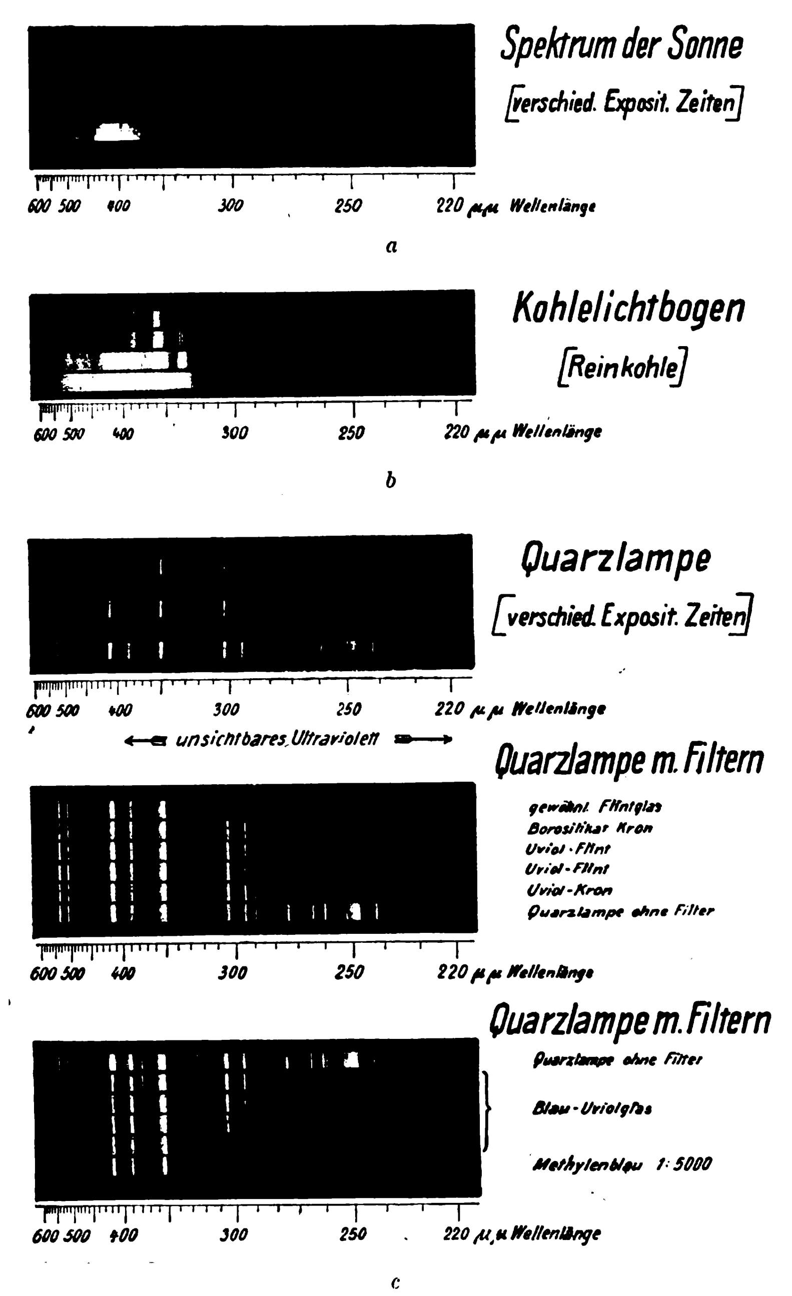


Fig. 8. Spektralbilder.

Den Wirkungen der Lichtstrahlen liegt das bereits oben angeführte Gesetz zugrunde, daß bei der Abhängigkeit des biochemischen Vorgangs von der Absorption des Lichtes in der Zelle die biochemische Wirksamkeit um so größer ist, je kürzer die Wellenlänge ist. Die ultravioletten Strahlen werden sehr stark bereits in den obersten Schichten der Haut absorbiert, daher zeigt sich dort ihre größte Wirksamkeit. Diese läßt mit steigender Wellenlänge, also nach dem Blau hin, nach.

Dies veranschaulicht folgende Tabelle[1]):

$^{1}/_{10}$ mm Haut läßt vom Licht einer

Wellenlänge	436,	405,	366,	334,	313,	302,	297,	289 $\mu\mu$	
	59,	55,	49,	42,	30,	8,	2,	0,01 $^0/_0$	hindurchgehen.

Man sieht daraus, daß die kürzesten ultravioletten Strahlen nur sehr wenig tief in die Haut eindringen. Die ultravioletten Strahlen von 400—300 $\mu\mu$ Wellenlänge bezeichnet man als milde und langsam wirkend; das äußerste Ende des Spektrums wirkt scharf, reizend.

Die leichte Absorbierbarkeit der ultravioletten Strahlen war mit ein Grund, daß ihre Wirksamkeit so spät entdeckt wurde. Auffällig war ja gewesen, daß sich die Heilwirkung des Sonnenlichtes in größeren Höhen weit stärker und kräftiger erwies als im Tiefland. Die Ursache dieser Erscheinung ist, daß die Sonnenstrahlen in der Tiefebene eine der Bergeshöhe entsprechende stärkere Schicht der Atmosphäre zu durchdringen haben, wobei gerade die für die Heilwirkung wichtigste Strahlengattung am stärksten geschwächt wird. Abb. 7 zeigt in der zweiten Reihe den Teil der ultravioletten Strahlung, der durch Luft absorbiert wird, während in den unteren Reihen zum Vergleich als absorbierende Medien Glas und Quarz gewählt sind. Luft absorbiert also schon den größten Teil, so daß man bei Verwendung von Sonnenlicht nicht mit kürzeren Wellenlängen als etwa 300 $\mu\mu$ rechnen kann. Auf hohen Bergen kommt man höchstens bis 293 $\mu\mu$. In der Tiefebene wird daher hinter einer Fensterscheibe kaum ultraviolettes Licht nachzuweisen sein.

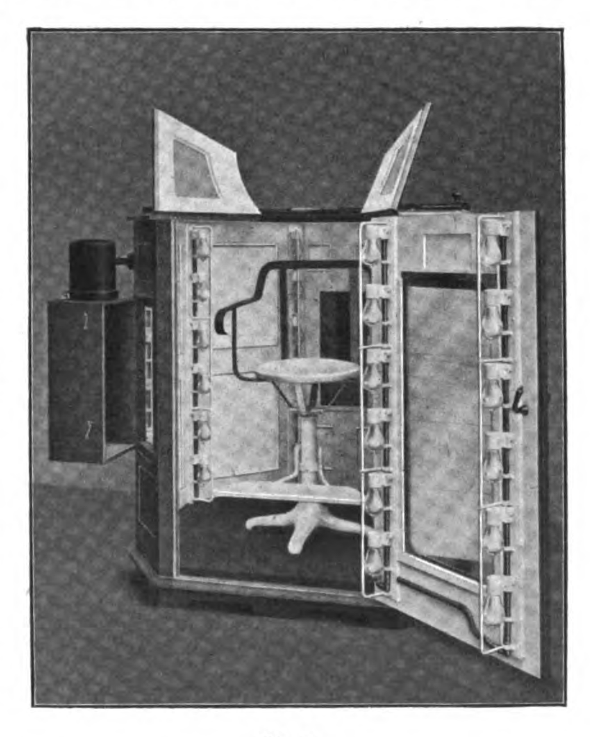


Fig. 9.
Doppellicht-Vollbad.

In dem Bestreben, das Sonnenlicht zu ersetzen, hat man fast alle bekannten künstlichen Lichtquellen herangezogen. Die Glühlampe enthält, sofern sie eine Kohlenfadenlampe ist, keine photoaktiven Strahlen, dagegen reichlich Wärmestrahlen und Strahlen aus dem rotgelben Teil des Spektrums. Bei einer Metallfadenlampe reicht das Spektrum etwas weiter bis in den violetten Teil. Man verwendet daher diese Lampengattungen nur in Lichtbädern für die Wärmestrahlung. Das Bogenlicht kommt in seiner Zusammensetzung dem Sonnenlicht am nächsten. Es enthält reichlich Wärmestrahlen und Lichtstrahlen, aber auch noch so viel biochemische Strahlen (namentlich sichtbare) als zu einer kraftigen Hautreaktion nötig sind. Abb. 8 zeigt das Spektrum eines Lichtbogens zwischen Reinkohle. Den Anteil der biochemischen Strahlengattung kann man durch Zusätze zu den Elektrodenkohlen (wie Nickel, Eisen) steigern.

Das Kohlebogenlicht wird bei allen Krankheiten verwertet, bei denen die zellenanregende, stoffwechselsteigernde, hämoglobinvermehrende und nervenberuhigende Fähigkeit der Lichtstrahlen in Frage kommt, also bei Stoffwechselkrankheiten, Anämie, Chlorose und Nervenkrankheiten. Da namentlich die chemisch wirksamen Strahlen in Erscheinung treten sollen, wird man in den Fällen, in denen leichte Reizung beabsichtigt ist, durch Anwendung von blauen

[1]) Hasselbalch: Strahlentherapie Bd. II. 1913, Heft 2.

Glasscheiben die wärmeliefernden roten und orangefarbenen Strahlen aus der Strahlenmasse entfernen. Bei Hautkrankheiten, bei denen eine entzündunghemmende Wirkung erzielt werden soll, empfiehlt es sich, die chemisch wirksamen Strahlen durch rote Glasscheiben zu schwächen.

Zur Behandlung des Patienten verwendet man entweder Bogenlichtvollbäder oder Bogenlichtscheinwerfer. Die ersteren ähneln in ihrem Aufbau den Glühlichtvollbädern. Häufig findet man eine Vereinigung beider Apparate vor, die Doppellicht-Vollbäder; sie stellen insofern therapeutisch wichtige Apparate (Abb. 9) dar, da sich bei ihnen die schweißerzeugende, also mittelbar therapeutische Wirkung der von den Glühlampen ausgehenden Wärmestrahlung mit der unmittelbar therapeutischen Wirkung der chemisch wirksamen Strahlen vereinigt. Zudem wird die letztere dadurch, daß sie einen in Schweiß befindlichen Körper trifft, noch verstärkt und ebenso befördert die Lichtausstrahlung den Schweißausbruch.

Die Bogenlichtscheinwerfer dienen zu einer sehr starken örtlichen Bestrahlung, also einer Bestrahlung abgegrenzter Körperteile. Die Strahlen werden mittels geeigneter Reflektoren in Gestalt eines spitzen Kegels auf die zu behandelnde Körperstelle geworfen. Um die Ausbeute an chemisch wirksamen Strahlen zu steigern, ist eine kräftigere Bogenlampe eingebaut als bei den Bogenlichtvollbädern. Für die örtliche Bestrahlung kommt vor allem die Behandlung von Wunden oder eitrigen Geschwüren in Frage, und es ist festgestellt, daß sie schmerzstillend wirkt. Auch hierbei ist häufig ein zusammengesetztes Bestrahlungsverfahren nützlich. Es ist infolge der steigernden Wirkung der im Licht-Vollbad erzeugten Wärme- oder zerstreuten chemisch wirksamen Strahlen und der mehr oder weniger konzentrierten chemisch wirksamen Strahlen des Scheinwerfers therapeutisch sehr wirksam.

Die an ultravioletten Strahlen reichste Lichtquelle ist die Quarzlampe, die als „künstliche Höhensonne" und Kromayerlampe weiteste Verbreitung gefunden hat. Das Licht liefert ein Quecksilberlichtbogen in einem Quarzrohr. Quarz ist, wie bereits aus Abb. 7 hervorging, für ultraviolettes Licht hervorragend durchlässig. Die Quarzlampe hat ihre größte Lichtstärke in der Gegend von 360—400 $\mu\mu$. Daneben gibt es noch einige Liniengruppen kürzerer Wellenlänge, und zwar hauptsächlich in der Gegend von 300 $\mu\mu$ und zwischen 250 und 260 $\mu\mu$ (vgl. das Spektrum Abb. 8). Therapeutisch sollen jedoch nur die Liniengruppen in der Gegend von 400 $\mu\mu$ verwertet werden und man war deshalb darauf bedacht, die unerwünschten Liniengruppen durch entsprechende Filter zu beseitigen. Man hat dazu verschiedene sogenannte Uviolgläser genommen [vgl. die Spektralaufnahme[1]), Abb. 8], die die Liniengruppen von 250—300 $\mu\mu$ nicht mehr durchließen. Die größeren Wellenlängen von 500—600 $\mu\mu$ waren jedoch noch vorhanden. Kromayer gab daher eine sogenannte Methylenblauspülung 1 : 5000 in einer Schicht von 15 mm an (vgl. Abb. 8 unterste Reihe), durch die tatsächlich nur das Licht von 300—440 $\mu\mu$ hindurchgelassen wurde. Diese Blauspülung hat aber mancherlei Schwierigkeiten und man hat daher in einem besonderen Spezialglas vollwertigen Ersatz gesucht und gefunden. Durch dieses Filter werden die gelben und grünen Liniengruppen, sowie die kurzwelligen scharfen, reizenden Ultraviolettstrahlen vollständig absorbiert.

Setzt man einen Patienten der Quarzlampenbestrahlung nur kurze Zeit aus, so entsteht nach einigen Stunden ein angenehmes Wärmegefühl und das Gefühl des leichteren Atmens. Nach und nach rötet sich die Haut, und diese Hyperämie erreicht nach mehreren Stunden den Höhepunkt; sie bleibt einen bis zwei Tage auf gleicher Höhe und fällt dann allmählich wieder ab. Während dieser ganzen Zeit ist der Stoffwechsel gesteigert, der Blutdruck herabgesetzt, der Hämoglobingehalt vermehrt. Bei wiederholter Bestrahlung bräunt sich die Haut, selbst an Stellen, die nicht direkt bestrahlt wurden, das Aussehen des Patienten wird gesünder, übermäßiges Fett schwindet auch ohne besondere Diät, der Patient fühlt sich gesünder. Bei diesen Vorgängen spielen somit die Herabsetzung des Blutdrucks und die andauernde Hyperämie eine

---

[1]) Diese und die nächsten Spektralaufnahmen hat die Quarzlampen-Gesellschaft m. b. H., Hanau, freundlichst zur Verfügung gestellt.

sehr große Rolle; jedoch scheint die ultraviolette Bestrahlung auch einen Reiz auf die Epidermiszellen bzw. die feinen Nervenendigungen in der Haut auszuüben. Krankheitsherde heilen rasch ab. Wunden, die keine Neigung zur Heilung zeigen, werden günstig beeinflußt, da krankes Gewebe zur Abstoßung gebracht wird und gleichzeitig die Zellen zum Wachstum angeregt werden. Die Bestrahlung, von Finsen mit dem Kohlenbogenlicht zuerst versucht, zeitigt gute Resultate bei Lupus, auch bei Lungentuberkulose und chirurgischer Tuberkulose, Krankheiten, die bereits in der Heliotherapie in größeren Höhenlagen — es seien hier nur kurz die bahnbrechenden Behandlungen von Bernhard-Samaden und Rollier-Leysin genannt — einen günstigen Ausgang hatten. Daß die Quarzlampe, die sogar eine Behandlung außerhalb von Sanatorien gestattet, für diese Krankheiten mit der Heliotherapie in überlegenen Wettbewerb trat, ist nach dem oben Geschilderten über ihre starke Reizwirkung ohne weiteres verständlich.

Es gibt zwei Formen von Quarzlampen. Die eine ist die Kromayersche Lampe, mit der in der Hauptsache eine Kompressionsbestrahlung vorgenommen wird. Hierbei wird durch den Druck das Gewebe anämisiert und infolgedessen eine größere Tiefenwirkung der Lichtstrahlen erreicht. Sie findet also hauptsächlich Anwendung bei der Bestrahlung von zirkumskripten Herden. Die zweite Form ist die sogenannte „künstliche Höhensonne“, die für Fernbestrahlung geeignet ist. Ihr Vorteil ist u. a. der, daß der Patient — auch mehrere zur gleichen Zeit — von allen Seiten belichtet werden können, wodurch die Zirkulation in weitgehender Weise angeregt wird.

Faßt man alle Gesichtspunkte, die bei der Lichttherapie in Frage kommen, nochmals zusammen, so läßt sich sagen, daß die Lichtstrahlen die Lebensenergie des Gewebes steigern.

Für die örtliche Behandlung kommen die Quarzlampe und der Kohlenbogenlicht-Scheinwerfer in Frage. Die Quarzlampe ist zu verwenden bei Hautkrankheiten, sobald ein starker Hautreiz erforderlich ist, bei der Wundheilung in den Fällen, in denen schlechte Granulation usw., tuberkulöse Fisteln usw. ebenfalls einen starken Reiz nötig machen. Das Kohlenbogenlicht hingegen ist angezeigt bei Hautkrankheiten, bei denen eine entzündunghemmende Wirkung erzielt werden soll (rotes Licht) oder eine leichte Reizung beabsichtigt ist (blaues Licht), ferner bei der Wundbehandlung (meist weißes Licht), zur schnelleren Resorption von Blutergüssen und bei Quetschwunden, zur Heilung tuberkulöser Gelenkaffektionen, endlich von Neuralgien (blaues Licht).

Auf der Wellenskala folgt auf die Wellenlängen von ca. 100 $\mu\mu$ eine große Lücke, die erst wieder bei den Röntgenstrahlen geschlossen wird. Im Gegensatz zu den Lichtstrahlen haben die Röntgenstrahlen und auch die an sie anschließenden γ-Strahlen des Radiums das Bestreben, das Gewebe dauernd zu schädigen. Eine Röntgenröhre liefert ähnlich wie eine Lampe ein Gemisch von Strahlen, also — in übertragenem Sinne — weißes Licht. Sendet sie langwelligere Strahlen (um im Bilde des Lichts zu bleiben, also rotes Licht) aus, so nennen wir sie „weich“; ist hauptsächlich eine kurzwellige Strahlung (also blaues Licht) vorhanden, so spricht man von einer „harten“ Strahlung. Das Gemisch kann man durch das zum Betriebe der Röntgenröhre benutzte Instrumentarium beeinflussen, man kann auch durch geeignete Filter eine bestimmte Strahlung herausgreifen. Auch bei der Anwendung der Röntgenstrahlen muß zur Auslösung eines biochemischen Vorgangs eine Absorption im Gewebe stattfinden. Nun durchdringen zwar die Röntgenstrahlen die Haut und anderes Gewebe verschieden stark; wo sie aber Gewebsschichten ohne Schwächung passieren, haben sie keine Reaktion zur Folge. Wir verwenden daher weiche Röntgenstrahlen, also rotes Röntgenlicht, um die Hautschichten zu beeinflussen, härtere Strahlen (blaues Licht) für die Reaktion in tiefer liegenden Gewebsschichten, damit eben diese Strahlen nicht bereits in den darüberliegenden Schichten stecken bleiben.

Eine Erörterung der Röntgeninstrumentarien soll an dieser Stelle nicht stattfinden, doch sei darauf hingewiesen, daß die kürzlich ausführlich beschriebene Glühkathodenröhre von Siemens & Halske nicht nur der Diagnostik, sondern vor allem der Therapie mit Röntgen-

strahlen die übersichtlichen und physikalisch wie technisch streng richtigen Grundlagen gibt, die der Arzt schon lange ersehnte, zumal die Aussicht besteht, daß diese Röhre in Verbindung mit einer sinnreichen Schaltung die für die Tiefentherapie überaus wichtige fast monochromatische Strahlung (also „Licht" einer bestimmten Wellenlänge) zu liefern vermag.

Dringen Röntgenstrahlen in lebendes Gewebe ein, so werden durch den vom Gewebe absorbierten Teil der Strahlen Schädigungen der Gewebezellen, und somit solche des Gewebes hervorgerufen; sie bestehen in einer Degeneration und Nekrobiose der Gewebezellen. Können sie daher zur Bestrahlung der auch von den Lichtstrahlen beeinflußten Krankheiten (Hautkrankheiten, Haarerkrankungen, Hauttuberkulose) in erhöhtem Maße herangezogen werden, so werden weiter auch bei karzinomatösen Erkrankungen der Haut, wie bei Epitheliomen und Sarkomen der Haut, vorzügliche Heilerfolge erzielt. Auch bei tiefsitzenden Karzinomen, Drüsenmetastasen und Mediastinalsarkomen ist es gelungen, durch Röntgenbestrahlung die Schmerzen zu lindern, das Fortschreiten der Krankheit zu verlangsamen und oft auch die Tumore zu verkleinern. Schmerzlinderung wird auch bei der Röntgeneinwirkung auf die sensiblen Nerven bei Neuralgien und Ischias erreicht. Die zerstörend wirkenden Röntgenstrahlen können also, wenn sie auf kranke Gewebe einwirken, Heilwirkungen hervorbringen, sie können aber auch umgekehrt an gesunden Geweben und Organen schädliche Wirkungen erzeugen; zu lange Bestrahlung kann zur Dermatitis, nach zu langen und zu starken Bestrahlungen als chronische Röntgendermatitis zur Verwüstung der Epidermis, zu Hautkankroiden und Epitheliomen führen, bei Metastasenbildung sogar den Tod zur Folge haben. Es sei hierbei noch auf die Erythemwirkung bei Anwendung der verschiedenen Strahlengattungen hingewiesen; die Inkubationszeit wächst nach kleineren Wellenlängen zu. Bei den Wärmestrahlen tritt ein Erythem sofort nach der Bestrahlung auf, ein Lichterythem erst nach einigen Stunden, während ein Röntgenerythem nach acht bis vierzehn Tagen, ein durch Radiumstrahlen hervorgerufenes sogar erst nach einem Monat in Erscheinung tritt.

Es kann an dieser Stelle nur ein kleiner Ausschnitt aus dem so wichtigen Gebiete der Röntgentherapie gegeben werden, nur soweit er für das Gesamtspektrum der elektromagnetischen Schwingungen interessiert. Das Thema ist damit noch lange nicht erschöpft, vor allem mußte auf die Ausblicke verzichtet werden, die sich durch Übertragung der Erkenntnis der Wirkung einzelner Strahlengattungen auf die Heranziehung anderer Strahlengruppen ergeben. Man bewegt sich aber in biochemischer Hinsicht noch viel auf hypothetischem Gebiet. Vielleicht wird der Schleier über manche Vorgänge bald gelüftet werden können, auf dem Röntgengebiet — es sei nur auf die Sekundärstrahlentherapie, die Sensibilisierung durch geeignete Stoffe im Vergleich zu der Sensibilisierung der photographischen Platte für bestimmte Farben hingewiesen — hat man schon manche erkenntnisfördernde Arbeit geleistet. Praktisch ist aber die moderne Strahlentherapie heute schon für viele Krankheiten ein hochwichtiger Faktor in dem Heilschatze der Medizin, ihre schönsten Früchte reifen ihr zweifellos gerade jetzt bei der Behandlung der Verwundeten, denen als Sonnen unsere Lichtstrahlen, die Röntgenstrahlen und die Hochfrequenzströme zu neuem Leben scheinen sollen.

Homogenität und Dosis.

Erwiderung auf die Angriffe in Herrn Dr. Christens Arbeit „Messung heterogener Röntgenstrahlen".

Von

Ingenieur **Friedrich Dessauer,** Frankfurt a. M.

I.

Herr Christen hat vor einigen Wochen in seinem Beitrag zu den Arbeiten der Sonderkommission für Dosimetervergleich Gelegenheit genommen, ältere Angriffe gegen mich zu wiederholen und neue anzureihen. Ich habe mich zunächst besonnen, ob ich — zumal in jetziger Zeit — überhaupt erwidern soll. Aber ich muß es wohl tun, denn die unwidersprochene Wiederholung von Angriffen bewirkt beim Leser leicht, daß er zur Meinung gelangt, es sei etwas daran. Und das wäre mir gerade bezüglich der Tiefentherapie nicht lieb.

Zunächst sagt Herr Christen (Seite 219): „Denn wir haben in der Tiefentherapie das größte Interesse daran, mit möglichst homogenen Strahlen (nicht, wie Dessauer meint, mit möglichst homogenem Felde!) zu arbeiten."

Nun, diese Forderung, mit möglichst homogenen Strahlen zu arbeiten, ist, wie wohl jeder älterer Röntgenologe weiß, seinerzeit von mir aufgestellt worden, zunächst vielfach bekämpft, dann vielfach übernommen, nach Jahren auch von Herrn Christen formuliert worden. — Aber außerdem habe ich damals ferner die Forderung aufgestellt, man solle auch mit möglichst homogenem Felde bestrahlen, d. h. also dafür sorgen, daß die verschiedenen Zonen eines ausgedehnten Krankheitsherdes nicht zu ungleich stark bestrahlt werden. Denn es nützt nichts, eine Zone übermäßig, eine andere hinreichend zu bestrahlen, wenn die dritte unterdosiert und damit evtl. sogar gereizt wird. Diese, wohlbemerkt zweite Forderung ist an verschiedenen Stellen genau begründet (z. B. in Homogenstrahlungslehre, Strahlentherapie Bd. V, Heft 1), ferner in meiner Auseinandersetzung mit Herrn Christen in meinem Buche „Radium, Mesothorium und harte X-Strahlen" (1914, bei Otto Nemnich, Leipzig, Kapitel 7). Diese Forderung scheint richtig, und es ist nichts Zutreffendes dagegen vorgebracht worden. Auch bei Christen findet sie sich in anderer Form. Herr Christen fährt — einige Zeilen tiefer — fort: „daß es übrigens — entsprechend meiner unveränderten Auffassung — mit der Heterogenität der Röntgenstrahlen lange nicht so schlimm steht, wie von einigen Autoren mit Vorliebe hervorgehoben wird, ergibt sich daraus, daß schon wenige Millimeter Aluminium genügen, um die Heterogenität recht nahe an Eins heranzubringen." — Er verweist dann auf meine gemeinsame Arbeit mit Ernst (Einige Probleme der Tiefenbestrahlung[1]), in welcher wir geschrieben haben: „Christen, der ursprünglich der Ansicht zuneigte, die Strahlung sei homogen . . ." und macht dazu folgende Fußnote zu dem Worte „zuneigte": „Christen" neigt „auch heute noch" der Ansicht zu, „daß die in der Therapie praktisch verwendeten Röntgenstrahlen homogen genug sind, um seine Grundlage in der Dosierung unangetastet zu lassen."

Also Herr Christen behält seine Ansicht? Oder nicht? Jedenfalls war früher seine Ansicht die: Christen schrieb 1913: „Im Gegenteil, man kann trotz der Adamsschen Versuche das Röntgenstrahlengemisch als nahezu homogen ansehen, wenigstens so homogen, daß die Abweichung für unsere praktischen Zwecke nicht in Betracht kommt." Wobei von der unfiltrierten Strahlung der Röhre, von ihrem Spektrum die Rede ist.

---

[1]) Strahlentherapie V, Seite 165.

In der gleichen Arbeit auf der gleichen Seite zitiert er einen Versuch von Walter, der nach Christens Ansicht beweist, daß kein komplexes Gemisch von Strahlen aus der Röhre tritt. Er sagt dann: „Diese Feststellung ist für unsere Messung von größtem Wert.“ Zwei Zeilen weiter: „andererseits wird dadurch Röntgens Erklärung der Strahlenhärtung beim Durchgang durch dicke Schichten hinfällig. Denn tatsächlich bewegen sich die beobachteten Härteveränderungen in solchen Dimensionen, daß nur ein Strahlengemisch aus sehr verschiedenen Komponenten zur Erklärung genügen könnte. Ein solches liegt aber tatsächlich nicht vor: wenigstens nicht bei schwacher und nur mittlerer Belastung der Röhre.“ Dies sagt Herr Christen wiederum von der unfiltrierten Strahlung der Röhre.

Auf der nächsten Seite wendet sich Christen gegen die Ansicht, als ob den „Filtern“ wirklich eine „Filter-Wirkung“ d. h. die stärkere Zurückhaltung weicherer Strahlen zukomme und schreibt: „Trägt man der Tatsache Rechnung, daß das Röntgenstrahlengemisch überhaupt nicht Komponenten von sehr verschiedenem Durchdringungsvermögen enthält, so ist auch die Auffassung der Härte als „Filterwirkung“ nicht mehr gerechtfertigt.“

Weiter, Seite 29 spricht Herr Christen „von der Tatsache, daß die Röntgenstrahlung ziemlich homogen ist“ — und so an vielen Stellen, stets ist die unfiltrierte Strahlung der Röhre gemeint.

Also dieser Ansicht neigt Christen noch heute zu? Oder nicht?

Man kann diese Christensche Ansicht aber heute nicht mehr haben, denn durch die Arbeiten des Frankfurter Nobelpreisträgers v. Laue, die Versuche von Bragg, Darwin, de Broglie, Moseley, Rutherford, Barnes, Richardson und vieler anderer ist das Spektrum einer Röntgenröhre eben inzwischen gemessen worden und es hat sich herausgestellt, erstens, daß es ungeheuer komplex ist, mehrfach größer als das ganze sichtbare Lichtspektrum, zweitens, daß durch Filtrieren mit den üblichen Stoffen die weicheren Strahlen rascher schwächer werden, bis zum praktischen Verschwinden, während die harten übrig bleiben, daß also Röntgens Auffassung zu Recht bestand, daß Perthes sie seinen Versuchen zu Recht zugrunde legte, daß ich sie vor 10 Jahren mit Recht als Grundlage meiner Tiefenbestrahlungslehre wählte, daß Christen mit seiner entgegengesetzten Ansicht irrte, und auch irrte, als er diese seine Ansicht vor einigen Jahren zur Grundlage seiner Tiefenbestrahlungslehre machte. Ich fasse zusammen: Die von einer Röntgenröhre ausgehende unfiltrierte Strahlung, um die es sich hier einzig und allein handelt, ist also ein sehr komplexes Gemisch und die Hauptrolle der Filter besteht in der Zurückhaltung weicherer Komponenten. Christens gegenteilige Ansicht ist durch v. Laues Entdeckung und die darauf gegründete Röntgen-Spektroskopie widerlegt.

Dieser wissenschaftlichen Tatsache kann sich auch Christen nicht entziehen. Seine neue Arbeit, in der er mich angreift, ist überschrieben: „Messung heterogener Röntgenstrahlen“. Also doch schon heterogen. Aber es soll mit der Heterogenität nicht so „schlimm“ stehen, wie von „einigen Autoren“ mit Vorliebe hervorgehoben wird, und dies soll daraus sich ergeben, daß „schon wenige Millimeter Aluminium genügen, um die Heterogenität recht nahe an Eins heranzubringen“. Das ist schon ein unzutreffender Schluß. Man kann aus der Tatsache, daß trotz der bekannten (es handelt sich nicht um eine Ansicht „einiger Autoren“, sondern um eine in der ganzen Physik anerkannte und nunmehr quantitativ festgesetzten Tatsache) großen Komplexität der X-Strahlung einer Röhre einige Millimeter Aluminium schon stark homogenisierend wirken, nur den einen Schluß berechtigterweise ziehen, daß Aluminium eben — (und alle Metalle, die schwerer als Aluminium sind) — die Trennungsfähigkeit der härteren und weicheren X-Strahlen in hohem Maße besitzt, also ein in dieser Beziehung geeignetes Filter ist. Andere Stoffe, wie Wasser, Bakelit (das Christen im Härtemesser benutzt) haben diese Eigenschaft weniger.

Christen sucht in seiner neuen Arbeit, nachdem die Tatsachen seine frühere Ansicht über die hochgradige Homogenität der von einer Röhre ausgesandten X-Strahlung als irrig dar-

getan, diese Ansicht in der zitierten Stelle zu retten. Er zitiert einen Satz meiner Arbeit unter Hinweglassung eines wichtigen Wortes und verschiebt die Diskussion von der Strahlung einer Röntgenröhre (in der Fußnote) auf die in der Therapie „praktisch“ verwendeten (d. h. die filtrierten, Dessauer) Röntgenstrahlen. Bis jetzt ging der Streit Christens gegen „einige Autoren“, von denen er nur mich (und meinen Mitarbeiter) nennt, um die unfiltrierte Strahlung der Röhre. Ernst und ich haben nicht, wie Christen irrig zitiert, geschrieben: „Christen, der ursprünglich der Ansicht zuneigte, die Strahlung sei homogen“, sondern wir haben geschrieben: „Christen, der ursprünglich der Ansicht zuneigte, die Strahlung der Röntgen-Röhre, sei homogen.“ Diese Strahlung, nicht die filtrierte, „praktisch verwendete“ ist es, um die es sich handelt, von der Christen die Komplexität verneinte.

Zusammengefaßt liegt die Sache so: Ich stellte — vor 10 Jahren — eine Tiefenbestrahlungstheorie auf (Homogenstrahlungslehre), die u. a. von dem Satz ausgeht, daß die unfiltrierte Strahlung der Röhre ein reiches Gemisch (komplex) ist und daß man mit Hilfe von Filtern die weicheren Komponenten daraus entfernen müsse.

Christen wendet sich seit 1910 in verschiedenen Arbeiten, insbesondere in seinem Buche 1913 dagegen und begründet seine Tiefenbestrahlungstheorie zum Teil damit, daß die X-Strahlung der Röhre also die unfiltrierte, wenigstens nahezu homogen sei und daß die Filter nicht in irgendwie beträchtlichem Maße die Aufgabe oder die Fähigkeit hätten, die weicheren Strahlen von den härteren zu sondern.

Diese Ansicht läßt sich nun nicht mehr halten. Christen schreibt heute einen Artikel über „Messung heterogener Röntgenstrahlen“, behauptet aber seine Ansicht sei unverändert, bezieht diese Ansicht aber auf die in der Therapie „praktisch verwendeten Strahlen“, das sind gefilterte. Daß gefilterte Strahlen durch Filterwirkung aber erheblich homogener sind, als ungefilterte, hat früher derselbe Christen bestritten. Für uns übrigen war eben dies, die Strahlung homogener zu machen, der Zweck des Filterns.

II.

Herr Christen wendet sich sodann gegen Ernsts und meine Darlegungen über die mittlere Härte von Gemischen. Wir haben dargestellt, daß es wegen der Röntgenstrahlengemische, die eine Röhre aussendet, nicht ausreicht, eine Härtemessung der üblichen Art (also mit Benoistskala, Christenskala oder dergl.) zu machen, weil möglicherweise bei 2 Bestrahlungen mit der Härte 6 Benoist einmal überhaupt keine nennenswerte Tiefenwirkung eintritt, während ein andermal gleichfalls mit der Strahlung 6 Benoist eine ganz erhebliche Tiefenwirkung eintritt. (Den nächsten wichtigen Satz der Arbeit läßt Christen aus dem Zitat weg; er lautet: „es kommt eben darauf an, aus welchen Komponenten sich der Mittelwert 6 Benoist zusammensetzt“.) Dann zitiert Herr Christen unseren Einwand gegen seine Dosierung in der Tafel[1]) und den Satz: „Das (die Christensche Definition der Dosis) stimmt schon deswegen nicht, weil die mittlere Härte bei ganz verschiedenen Strahlungsgemischen dieselbe sein kann, während das, was in die Tiefe dringt, bei den verschiedenen Gemischen etwas ganz verschiedenes ist.“

Christen sagt dazu: „Und das sagt der gleiche Dessauer, welcher nicht nur auf die Homogenität des Strahlenbündels, sondern fälschlicherweise auch auf die Homogenität des Feldes ein so großes Gewicht legt! Daß er damit nicht etwa nur die Apparate seiner Konkurrenz[2]),

[1]) Der dabei in der Fußnote von Christen gemachte Einwand, er habe die Dosis in einer Gewebsschicht nicht als Intensität der auftreffenden Strahlung, dividiert durch die mittlere Härte definiert, sondern als Quotient aus der Flächenenergie und der Halbwertschicht ist zum Teil richtig. Auf Seite 36 seiner Arbeit ist die Flächenenergie als Intensität mal Zeit definiert. Wir hätten also Intensität mal Zeit, dividiert durch mittlere Härte (ein Maß davon bildet die Halbwertschicht) schreiben sollen. Mit der zur Diskussion stehenden Frage hat das gar nichts zu tun.

[2]) „Ich“ persönlich habe keine Konkurrenz, denn ich besitze keine Fabrik, ich bin technischer Direktor der Veifa-Werke, so wie Herr Christen Beamter von Reiniger, Gebbert & Schall ist und als solcher persönlich keine Konkurrenz hat.

sondern auch die seinigen meint, geht aus den Tabellen hervor, die er mit seinen Apparaten und Röhren aufgenommen hat und die tatsächlich eine recht große Heterogenität der Strahlung aufweisen! Wie stimmt das mit der Versicherung, daß bei dem „Reform"-Apparat die harten Strahlen aus dem Bündel „herausgeschnitten" und die Entstehung der weichen verhindert wird?"

Ja, das sagt wirklich derselbe Dessauer und vermag trotz der Christenschen Ausrufezeichen gar keinen Widerspruch in seinen Aussagen zu entdecken. Wenn ich einerseits behauptet habe, die Röntgenröhren senden komplexe Gemische aus und die Messung der mittleren Härte dieser Gemische sagt nichts Hinreichendes darüber aus, wie sie zusammengesetzt sind, da verschiedene Mischungen denselben Mittelwert ergeben können, und wenn ich andererseits von je her das Postulat aufgestellt habe, man müsse in der Tiefentherapie möglichst mit homogen-harten Strahlen arbeiten und deshalb die Mittel alle anwenden, die von der heterogenen Strahlung der Röntgenröhre zu einer brauchbaren Strahlung führen (Filter insbesondere) — so vermag ich und wohl auch sonst dabei niemand einen Widerspruch zu erblicken. Es wäre mir wirklich interessant zu erfahren, was Herr Christen sich eigentlich bei seinem „und das sagt derselbe Dessauer —" eigentlich dachte. Was aber nun den Reform-Apparat anbelangt und die mit ihm aufgenommene Tabelle, so habe ich in meinen Arbeiten ausdrücklich dargelegt, daß durch das Herausschneiden der höchsten Spannungswerte der Anteil an harter Strahlung im Gemisch vermehrt, der Anteil an weicher vermindert werden soll und ich habe auch bewiesen, daß das der Fall ist. Und seitdem haben es eine ganze Reihe von Firmen ebenso gemacht, was sie wohl nicht getan hätten, wenn es zwecklos gewesen wäre. Nicht aber habe ich behauptet, daß die harten ganz allein übrig bleiben und die weichen überhaupt nicht entstehen, wie mir es Herr Christen in die Schuhe schieben möchte und was er dann spielend widerlegt.[1]) Wenn man überdies, wie Herr Christen andeutet, den Apparat mit langen Schleppfunken betreibt, ist die Wirkung geringer oder illusorisch.

Auf Seite 219 in dem soeben zitierten Text sagt Christen, daß die mit dem Reformapparat aufgenommene Tabelle eine recht große Heterogenität der Strahlung aufweise. Auf Seite 220 berechnet Christen aus unserer Tabelle die logarithmischen Dekremente und beweist: „und trotzdem steht es mit der Heterogenität der Röntgenstrahlen nicht so schlimm, wie dies hiernach auf den ersten Blick erscheint". Diese beiden Äußerungen Christens stehen in einem unaufklärbaren Widerspruch. Was aber unsere Tabelle zeigen sollte und wohl auch zeigte, ist, a) daß die unfiltrierte Ausgangsstrahlung sehr reich an verschiedenen Komponenten ist, b) daß unter diesen Komponenten auch sehr harte sind. Dies zu zeigen war Aufgabe des Versuches und demgemäß wurde er angestellt.

Christen aber rechnet in der Tabelle von Ablesung zu Ablesung und stößt dabei natürlich auf sehr kleine, manchmal negative Werte. Hätte er, was man bei solchen Tabellen häufig tut, größere Abstände genommen, so hätte er natürlich keine negativen Werte bekommen. Der Schluß, den er zieht: „Nach den Zahlen Dessauers ist die Heterogenität einer[2]) durch 3 mm Aluminium filtrierten Strahlung so gering, daß sie unterhalb der Versuchsfehlergrenze liegt," ist deshalb auch schlechtweg ein falscher Schluß.

Lediglich sind die Ablesungen so nahe aneinander gemacht, daß die Differenz zwischen zwei Ablesungen in der Fehlergrenze liegt. Die Strahlung selbst — diesen Teil unserer Tabelle hat Christen leider wiederum weggelassen — ändert ihren Absorptionskoeffizienten noch ungefähr im Verhältnis 2 : 1, d. h. sie hat nach 3 mm Filter noch Strahlenanteile, die in ihrer Durchdringungsfähigkeit sich etwa mit 1 : 2 verhalten; ist also noch sehr komplex.

Richtig — aber auch von mir und anderen nie bestritten — ist, daß eine Filtration durch 3 mm Aluminium schon ganz erheblich zur Homogenisierung der X-Strahlung beiträgt. Sie können aber nachher immer noch komplex sein.

[1]) Ich verweise auf „Arbeiten auf dem Gebiete der Wechselstr.-Maschine u. d. Einzelschlages" Fortschr. Bd. XX, Seite 365/66.

[2]) Nein, nicht einer, wir könnten auch zunächst nur von diesem Falle reden (Dessauer).

III.

Endlich greift mich Herr Christen auf Seite 221 an: — Er zitiert wieder — leider abermals unter Hinweglassung des voraufgegangenen wesentlichen — folgenden Satz: „Wir brauchen überhaupt nicht daran zu denken, was absorbiert und was nicht absorbiert wird, sondern in dem Augenblicke, wo wir eine praktisch homogene Strahlung (also eine solche, die möglichst nur harte Strahlung und keine weicheren Gruppen in sich enthält) zur Anwendung zu bringen imstande sind, hängt die Wirkung praktisch von der Intensität dieser Strahlung [räumliche[1]) Intensität der Strahlung] an den einzelnen Zonen ab.

Dazu sagt Christen: „Man vergleiche mit dieser Behauptung die eingangs erwähnte schöne Arbeit von Ritter, Rost und Krüger, welche nicht nur qualitativ, sondern sogar quantitativ zeigt, daß eben gerade das, was absorbiert wird, und nichts anderes die gewollte biologische Wirkung hervorbringt."

Der Vergleich sagt gar nichts gegen meine, oben zum Teil zitierte Ansicht. Denn gerade vorher ist ausgesagt, unter welcher Voraussetzung mein Satz gilt. Dies hat Christen aber nicht zitiert. Deswegen muß ich es tun: Es ist zunächst davon die Rede, daß die Strahlung sehr hart und homogen sein soll, so daß das pathologische Gewebe dieselbe Wirkung erhält, wie das gesunde. Dann heißt es: „Es macht (d. h. in diesem Falle) nichts aus, ob das pathologische Gewebe bezüglich seiner Dichte ein wenig mehr absorbiert oder weniger absorbiert, als die Umgebung. Die spezifischen Gewichte der verschiedenen in Frage kommenden Substanzen (gemeint ist pathologische und gesunde Stelle) liegen sehr nahe aneinander und soweit die Absorption vom spezifischen Gewichte abhängt, wird sie bei weitem übertroffen durch die differente Sensibilität." (Sonst würde ja der stärker absorbierende Knochen mehr reagieren, als z. B. weniger absorbierende Lymphzellen, Dessauer.) „Sie (die kleine Absorptionsschwankung) ist gewissermaßen in dem Begriff der differenten Sensibilität schon eingeschlossen."

Diese Sätze gehen den von Christen zitierten unmittelbar voraus, und nun sieht jeder, welchen Sinn die Sache hat: wenn wir sehr harte Strahlen nehmen, die von verschiedenen Geweben praktisch gleichmäßig absorbiert werden, dann brauchen wir nur noch die Intensität der Strahlung (und die Einwirkungszeit) zu kennen, um damit die Reaktion der verschieden sensiblen Stellen zu vergleichen. Die pathologische Stelle wird, weil sie unter der gemachten Voraussetzung gerade so viel absorbiert, wie die gesunde, auf die gleiche Intensität mal Zeit so viel stärker reagieren, als sie sensibler ist, und ich brauche die Absorption gar nicht mehr auszurechnen, weil sie ja jetzt proportional der Intensität ist.

Das ist klar, richtig, bedeutet eine wesentliche Vereinfachung der Methode und steht mit keiner Silbe in Widerspruch mit der Arbeit von Ritter, Rost und Krüger. Nach Christens Buch aber müßte man die Dosis jeweils umständlich errechnen und das tut praktisch kaum einer. Unter den Voraussetzungen der Homogenstrahlungslehre genügt es, Intensität und Zeit zu bestimmen, und das kann jeder.

---

[1]) Hier macht Christen die Fußnote: „Was ist räumliche Intensität?" Unter Intensität versteht man die Energie der Strahlung, dividiert durch die Größe der getroffenen Fläche und durch die Bestrahlungszeit. Aber „räumliche Intensität??" Trotz Anführungs- und zwei Fragezeichen ist, was ich geschrieben habe, richtig und in meiner Anmerkung und einige Zeilen tiefer, steht, was gemeint ist. Die Intensität eines Kraftfeldes wird auf Raumpunkte bezogen, an der zitierten Stelle bezieht sich der Ausdruck auf homogene Felder, wo die Intensität (in dem betrachteten Abschnitt des Raumes) überall gleich ist, daher der Ausdruck „räumliche Intensität".

Aus der chirurgischen Abteilung des Allgemeinen Krankenhauses in Lübeck (Leiter: Prof. Dr. Roth).

Duodenalstauung bei Duodeno-jejunal-Hernie im Röntgenbild.

Von

Oberarzt Dr. **Arthur Wagner.**

(Hierzu Tafel III, Fig. Ia und IIa.)

Das Duodenum ist durch seine tiefe, unzugängliche Lage und Fixation an der hinteren Bauchwand den klinischen-diagnostischen Hilfsmitteln wie Palpation, Inspektion usw. meist unzugänglich. In jüngster Zeit hat sich die immer mehr geübte Röntgenuntersuchung vor dem Schirm mit Erfolg auch auf das Duodenum erstreckt und hat uns in der Symptomatologie von funktionellen und anatomischen Duodenalerkrankungen weiter gebracht. Auch die Radioskopie des Duodenums bietet mancherlei Schwierigkeiten. Faulhaber schreibt in Rieder-Rosenthals Lehrbuch der Röntgenkunde: „Der oberste Teil des Darms, das Duodenum, ist für die röntgenologische Darstellung kein sehr günstiges Objekt, besonders gilt dies für die Röntgenographie desselben, welche nur ausnahmsweise gelingen kann.“ Und doch ist durch die Untersuchungen namentlich von Haudek und Holzknecht für die schwierige Diagnostik der Duodenalerkrankungen Bemerkenswertes geleistet worden.

Ebenso wie man gelernt hat, penetrierende Magengeschwüre auf dem Röntgenschirm zu erkennen, ist es auch möglich, penetrierende Duodenalulzera zu diagnostizieren. Haudek hat deren mehrere gesehen. Der Röntgenschirm hat uns weiter als Duodenalulkussymptom den fehlenden Pylorusschlußreflex bei normaler oder zu starker Salzsäure gezeigt.

Von den Folgezuständen des Duodenalgeschwürs ist klinisch besonders wichtig die Duodenalstenose, und zwar sowohl die spastische durch den Reiz des Ulkus bedingte, wie die anatomische, durch die Narbe bedingte Stenose. Die Duodenalstenose ist wohl die bedeutsamste objektive Veränderung, die man bisher radiologisch am Duodenum festgestellt hat. Die radiologischen Symptome der Duodenalstenose sind in grundlegender Weise von Holzknecht vor dem Schirm studiert und niedergelegt worden.

Allein mit dem Röntgenschirm sind wir imstande, vom Duodenum zu erkennen: seine Lage, seine Weite, sein Verlauf, seine Krümmungen. Wir sehen den Eintritt der Ingesten, ihr Verweilen, die Inhaltsbewegung und die Weiterbeförderung. Wir können auch Verlagerungen am Duodenum erkennen, dessen Anfangsteil bedeutender Dislokation fähig ist. Befolgt man den Rat von Holzknecht, bei jeder Magenuntersuchung auch das Duodenum zu betrachten und hat man sich über das normale radiologische Verhalten des Zwölffingerdarms orientiert, so ist man auch in der Lage, aus der Veränderung der Normalsymptome krankhafte Prozesse vor dem Schirm festzustellen. Was die klinische Diagnostik bisher nur vermuten konnte, das können wir direkt sehen, wie abnorme Weite, abnorme Füllungszustände (Gasblasen und Flüssigkeitsspiegel), gestörte tonische und peristaltische Kontraktionen usw. Hat uns bisher die Radioskopie in der Symptomatologie des Ulcus duodeni und seiner Folgezustände erfreuliche Fortschritte gebracht, so wird der weitere Ausbau derselben über andere klinisch unklare Duodenalerkrankungen Licht zu bringen imstande sein. Was wir gesehen haben, können wir teilweise auf der Platte festhalten und können uns selbst kontrollieren. Der Wert der Röntgenphotographie liegt meines Erachtens nicht nur im Schaffen von Demonstrationsobjekten, wie Holzknecht meint, sondern auch in dieser Möglichkeit der Selbstkontrolle. Das einzig Richtige für die Vorgänge am Magendarmkanal ist stets das Erleben, das Schauen im Schirm, die Röntgenkinomatographie kommt nur für besondere Institute in Frage.

Wer sich mit Röntgen beschäftigt, weiß, daß das Röntgenbild immer recht hat, nur die

Deutung der radiologischen Symptome ist leider nicht immer richtig, besonders auf einem neuen Gebiet, wo ein jeder erst Erfahrungen sammeln muß. Es sind deshalb Fälle, bei denen der Röntgenbefund durch Autopsie in vivo oder durch Sektion kontrolliert wird, ganz besonders wertvoll. Irrtümer werden ausgeschaltet, die radiologischen Symptome gewinnen an Wertigkeit. Die Literatur enthält zurzeit noch recht spärlich Publikationen solcher kontrollierter Fälle mit pathologischen radiologischen Duodenalbildern. Dies scheint Veranlassung genug zu sein, einen interessanten Fall von Duodenalerweiterung auf Grund einer Duodeno-jejunal-(Treitzschen) Hernie bekanntzugeben.

Das Hauptsymptom bei einer Duodenalstenose im weitesten Sinne ist die Rückstauung, der Inhalt wird nicht mehr in normaler Zeit durch die Peristaltik vorwärts gebracht. Es tritt eine Verzögerung in der Vorwärtsbewegung der Ingesta auf. Eine richtige Stauung wird in kompensierten Fällen durch erhöhte Muskelarbeit des Magens und Duodenums vermieden. Ähnlich wie am Magen bei Pylorusstenose werden wir am Duodenum zunächst nur eine Hypertrophie der Muskularis finden. Ist die Stenose stärker und reicht die Muskelkraft nicht aus, mit einem Wort, wird der Fall dekompensiert, so wird außer der Muskelhypertrophie eine Erweiterung eintreten, es kommt zu einer Duodenalstauung, die klinisch ihren Ausdruck in Erbrechen galliger Massen findet, und zwar Erbrechen in Intervallen bis zum täglichen Erbrechen großer Massen. Die Erlahmungsdilatation trifft zuerst das Duodenum, der Magen kann auch bei täglichem Erbrechen größter Massen von normaler Größe sein. Erst bei hochgradiger Dekompensation wird auch die Muskulatur des Magens erlahmen, und dann finden wir auch einen dilatierten Magen auf Grund der Rückstauung vom Duodenum aus.

Duodenalstauung: Eine Stauung im Duodenum kann die verschiedensten Ursachen haben. Sie kann

I. funktionell bedingt sein. Spastische Kontraktionen tieferer Duodenalpartien und ein Erschlaffen der Muskularis im Bulbusteil können zu Stauung und Erweiterung im Bulbus duodeni (dem sogenannten Nachmagen und Pufferraum der Antrumperistaltik nach Holzknecht) führen, die ohne Schwierigkeit durch Anstauen des Kontrastmittels im oberen Duodenum, besonders bei direkter Duodenalfüllung nach David vor dem Schirm zu erkennen ist. Häufig werden Ulzerationen — sei es ein peptisches Ulkus oder tuberkulöse Ulzera — die Ursache der Spasmen sein.

Die Diagnose einer rein funktionellen Duodenumdilatation ist aber wohl nur dann zu stellen, wenn alle anderen Möglichkeiten ausgeschlossen sind, und wenn okkulte Blutungen usw. auf ein reizgebendes Ulkus hinweisen. Häufig wird nur die Probelaparotomie durch einen fehlenden objektiven Befund einer Stenose die Diagnose bestätigen können.

II. Die organisch bedingte Duodenalstauung kann eine Reihe von Ursachen haben:

1. Es gibt eine angeborene Erweiterung des Duodenums. Symptomatologie und Diagnose eines solchen Falles ist von Adolf Schmidt (Halle) in der Münchener mediz. Wochenschrift Nr. 23 1914 niedergelegt: Es handelte sich um eine 28jährige Frau mit von Jugend auf bestehenden, periodisch sich verschlechternden dyspeptischen Störungen, welche nach dem Stuhlbefund als Pankreatitis intermittens gedeutet werden mußten. Als die Ursache derselben konnte radiologisch eine Erweiterung des ganzen Duodenum mit Divertikelbildung in der Pars descendens festgestellt werden. Die Operation bestätigte den Befund. Therapie: Gastroenterostomia posterior, Pylorusverschluß durch das Lig. teres. Tod am 6. Tage. Sektion fehlt.

Hierher zu rechnen sind wohl auch die beiden Fälle von Holzknecht (Deutsche Zeitschrift für Chirurgie, Bd. CV, Seite 61 und 62), die er als angeborene Duodenalstenose auffaßt. Diese 2 Fälle sind nicht durch Laparotomie kontrolliert.

2. Viel häufiger wohl wird die Stauung und Dilatation durch mechanische Hindernisse bedingt sein.

Bei der Betrachtung der von außen wirkenden mechanischen Hindernissen können

a) Narben nach Verletzungen in der Nähe des Duodenums stenosierend wirken;

Aus der chirurgischen Abteilung des Allgemeinen Krankenhauses in Lübeck (Leiter: Prof. Dr. Roth).

Duodenalstauung bei Duodeno-jejunal-Hernie im Röntgenbild.

Von

Oberarzt Dr. **Arthur Wagner.**

(Hierzu Tafel III, Fig. Ia und IIa.)

Das Duodenum ist durch seine tiefe, unzugängliche Lage und Fixation an der hinteren Bauchwand den klinischen-diagnostischen Hilfsmitteln wie Palpation, Inspektion usw. meist unzugänglich. In jüngster Zeit hat sich die immer mehr geübte Röntgenuntersuchung vor dem Schirm mit Erfolg auch auf das Duodenum erstreckt und hat uns in der Symptomatologie von funktionellen und anatomischen Duodenalerkrankungen weiter gebracht. Auch die Radioskopie des Duodenums bietet mancherlei Schwierigkeiten. Faulhaber schreibt in Rieder-Rosenthals Lehrbuch der Röntgenkunde: „Der oberste Teil des Darms, das Duodenum, ist für die röntgenologische Darstellung kein sehr günstiges Objekt, besonders gilt dies für die Röntgenographie desselben, welche nur ausnahmsweise gelingen kann." Und doch ist durch die Untersuchungen namentlich von Haudek und Holzknecht für die schwierige Diagnostik der Duodenalerkrankungen Bemerkenswertes geleistet worden.

Ebenso wie man gelernt hat, penetrierende Magengeschwüre auf dem Röntgenschirm zu erkennen, ist es auch möglich, penetrierende Duodenalulzera zu diagnostizieren. Haudek hat deren mehrere gesehen. Der Röntgenschirm hat uns weiter als Duodenalulkussymptom den fehlenden Pylorusschlußreflex bei normaler oder zu starker Salzsäure gezeigt.

Von den Folgezuständen des Duodenalgeschwürs ist klinisch besonders wichtig die Duodenalstenose, und zwar sowohl die spastische durch den Reiz des Ulkus bedingte, wie die anatomische, durch die Narbe bedingte Stenose. Die Duodenalstenose ist wohl die bedeutsamste objektive Veränderung, die man bisher radiologisch am Duodenum festgestellt hat. Die radiologischen Symptome der Duodenalstenose sind in grundlegender Weise von Holzknecht vor dem Schirm studiert und niedergelegt worden.

Allein mit dem Röntgenschirm sind wir imstande, vom Duodenum zu erkennen: seine Lage, seine Weite, sein Verlauf, seine Krümmungen. Wir sehen den Eintritt der Ingesten, ihr Verweilen, die Inhaltsbewegung und die Weiterbeförderung. Wir können auch Verlagerungen am Duodenum erkennen, dessen Anfangsteil bedeutender Dislokation fähig ist. Befolgt man den Rat von Holzknecht, bei jeder Magenuntersuchung auch das Duodenum zu betrachten und hat man sich über das normale radiologische Verhalten des Zwölffingerdarms orientiert, so ist man auch in der Lage, aus der Veränderung der Normalsymptome krankhafte Prozesse vor dem Schirm festzustellen. Was die klinische Diagnostik bisher nur vermuten konnte, das können wir direkt sehen, wie abnorme Weite, abnorme Füllungszustände (Gasblasen und Flüssigkeitsspiegel), gestörte tonische und peristaltische Kontraktionen usw. Hat uns bisher die Radioskopie in der Symptomatologie des Ulcus duodeni und seiner Folgezustände erfreuliche Fortschritte gebracht, so wird der weitere Ausbau derselben über andere klinisch unklare Duodenalerkrankungen Licht zu bringen imstande sein. Was wir gesehen haben, können wir teilweise auf der Platte festhalten und können uns selbst kontrollieren. Der Wert der Röntgenphotographie liegt meines Erachtens nicht nur im Schaffen von Demonstrationsobjekten, wie Holzknecht meint, sondern auch in dieser Möglichkeit der Selbstkontrolle. Das einzig Richtige für die Vorgänge am Magendarmkanal ist stets das Erleben, das Schauen im Schirm, die Röntgenkinomatographie kommt nur für besondere Institute in Frage.

Wer sich mit Röntgen beschäftigt, weiß, daß das Röntgenbild immer recht hat, nur die

Deutung der radiologischen Symptome ist leider nicht immer richtig, besonders auf einem neuen Gebiet, wo ein jeder erst Erfahrungen sammeln muß. Es sind deshalb Fälle, bei denen der Röntgenbefund durch Autopsie in vivo oder durch Sektion kontrolliert wird, ganz besonders wertvoll. Irrtümer werden ausgeschaltet, die radiologischen Symptome gewinnen an Wertigkeit. Die Literatur enthält zurzeit noch recht spärlich Publikationen solcher kontrollierter Fälle mit pathologischen radiologischen Duodenalbildern. Dies scheint Veranlassung genug zu sein, einen interessanten Fall von Duodenalerweiterung auf Grund einer Duodeno-jejunal-(Treitzschen) Hernie bekanntzugeben.

Das Hauptsymptom bei einer Duodenalstenose im weitesten Sinne ist die Rückstauung, der Inhalt wird nicht mehr in normaler Zeit durch die Peristaltik vorwärts gebracht. Es tritt eine Verzögerung in der Vorwärtsbewegung der Ingesta auf. Eine richtige Stauung wird in kompensierten Fällen durch erhöhte Muskelarbeit des Magens und Duodenums vermieden. Ähnlich wie am Magen bei Pylorusstenose werden wir am Duodenum zunächst nur eine Hypertrophie der Muskularis finden. Ist die Stenose stärker und reicht die Muskelkraft nicht aus, mit einem Wort, wird der Fall dekompensiert, so wird außer der Muskelhypertrophie eine Erweiterung eintreten, es kommt zu einer Duodenalstauung, die klinisch ihren Ausdruck in Erbrechen galliger Massen findet, und zwar Erbrechen in Intervallen bis zum täglichen Erbrechen großer Massen. Die Erlahmungsdilatation trifft zuerst das Duodenum, der Magen kann auch bei täglichem Erbrechen größter Massen von normaler Größe sein. Erst bei hochgradiger Dekompensation wird auch die Muskulatur des Magens erlahmen, und dann finden wir auch einen dilatierten Magen auf Grund der Rückstauung vom Duodenum aus.

Duodenalstauung: Eine Stauung im Duodenum kann die verschiedensten Ursachen haben. Sie kann

I. funktionell bedingt sein. Spastische Kontraktionen tieferer Duodenalpartien und ein Erschlaffen der Muskularis im Bulbusteil können zu Stauung und Erweiterung im Bulbus duodeni (dem sogenannten Nachmagen und Pufferraum der Antrumperistaltik nach Holzknecht) führen, die ohne Schwierigkeit durch Anstauen des Kontrastmittels im oberen Duodenum, besonders bei direkter Duodenalfüllung nach David vor dem Schirm zu erkennen ist. Häufig werden Ulzerationen — sei es ein peptisches Ulkus oder tuberkulöse Ulzera — die Ursache der Spasmen sein.

Die Diagnose einer rein funktionellen Duodenumdilatation ist aber wohl nur dann zu stellen, wenn alle anderen Möglichkeiten ausgeschlossen sind, und wenn okkulte Blutungen usw. auf ein reizgebendes Ulkus hinweisen. Häufig wird nur die Probelaparotomie durch einen fehlenden objektiven Befund einer Stenose die Diagnose bestätigen können.

II. Die organisch bedingte Duodenalstauung kann eine Reihe von Ursachen haben:

1. Es gibt eine angeborene Erweiterung des Duodenums. Symptomatologie und Diagnose eines solchen Falles ist von Adolf Schmidt (Halle) in der Münchener mediz. Wochenschrift Nr. 23 1914 niedergelegt: Es handelte sich um eine 28jährige Frau mit von Jugend auf bestehenden, periodisch sich verschlechternden dyspeptischen Störungen, welche nach dem Stuhlbefund als Pankreatitis intermittens gedeutet werden mußten. Als die Ursache derselben konnte radiologisch eine Erweiterung des ganzen Duodenum mit Divertikelbildung in der Pars descendens festgestellt werden. Die Operation bestätigte den Befund. Therapie: Gastroenterostomia posterior, Pylorusverschluß durch das Lig. teres. Tod am 6. Tage. Sektion fehlt.

Hierher zu rechnen sind wohl auch die beiden Fälle von Holzknecht (Deutsche Zeitschrift für Chirurgie, Bd. CV, Seite 61 und 62), die er als angeborene Duodenalstenose auffaßt. Diese 2 Fälle sind nicht durch Laparotomie kontrolliert.

2. Viel häufiger wohl wird die Stauung und Dilatation durch mechanische Hindernisse bedingt sein.

Bei der Betrachtung der von außen wirkenden mechanischen Hindernissen können

a) Narben nach Verletzungen in der Nähe des Duodenums stenosierend wirken;

b) weiter Bindegewebsstränge und Narben nach entzündlichen Vorgängen in der Nähe des Duodenums, die das Lumen verkleinern und vorbuchten. Hierher gehört Fall 1 der von David im Bd. XXII der Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen, Seite 208 sehr gut beobachteten Fälle. Therapie: Gastroenterostomie, Tod an Marasmus im Anschluß an die Operation. Sektionspräparat der Duodenalstenose ist abgebildet.

Häufig genug spielen sich ja entzündliche Prozesse an Gallenblase, Leber, Pylorus, Pankreas ab, die Veranlassung zu Stenosen geben können. Im Zentralblatt für Chirurgie 1914, Nr. 24, Seite 1031 berichtet Lexer über einen Fall von Duodenalstauung durch Pankreatitis. Therapie: Gastroenterostomie mit Pylorusverschluß. Bei Duodenalstauung durch Pankreatitis bleibt es zweifelhaft, welcher Vorgang der primäre ist. Jedenfalls kann eine Pankreatitis sehr wohl zu einer Duodenalstauung führen. Es kann ein Circulus vitiosus insofern entstehen, als die Stagnation im Duodenum wieder ungünstig auf das entzündete Pankreas wirkt. Beides wird eine Magendarmverbindung mit Verschluß des Pylorus günstig beeinflussen.

3. Melchior beschreibt in der Berliner klinischen Wochenschrift 1914, Nr. 25 eine kongenitale tiefe Duodenalstenose, bedingt durch Situs inversus partialis. Die Stenose im Duodenum war entstanden durch Kompression infolge straffer Fixation des Querkolons. Heilung durch vordere Gastroenterostomie mit Braunscher Anastomose.

4. Tampons und Drains können ebenfalls durch Druck Stagnation und eventuell Ileus im Duodenum hervorrufen.

5. Kompression des Duodenums durch die darüber hinziehende Radix mesenterii kann zu dem gefährlichen Bild des arterio-mesenterialen Darmverschlusses führen.

6. Durch einfachen Druck von vorn kann der akut dilatierte Magen gelegentlich den Zwölffingerdarm komprimieren.

7. Lexer beschreibt noch eine Wanderniere als Ursache einer Duodenalstauung. Nach Operation der Wanderniere verschwand der 6-Stundenrest im Magen (Zentralblatt für Chirurgie 1914, Nr. 24).

Von innen können als mechanische Hindernisse wirken

a) entzündliche Prozesse im Duodenum (Ulcus pepticum penetrans, Lues, Tuberkulose usw.).

Aßmann und Becker beschreiben in den Mitteilungen aus den Grenzgebieten der Medizin und Chirurgie Bd. XXIV, Nr. 3 einen Fall, bei dem radiologisch die Diagnose auf Stenosis duodeno-jejunalis gestellt wurde. Die Operation und mikroskopische Untersuchung ergab eine Stenose durch einen tuberkulösen Prozeß.

b) Tumoren, Fremdkörper, Gallensteine, Würmer usw.

c) Maligne, ins Duodenum eingewachsene Tumoren.

Einen interessanten Fall dieser Art von Duodenalstauung mit geradezu monströser Dilatation und Hypertrophie des Duodenums beobachteten wir vor 2 Jahren.

Es betrifft einen 38jährigen Arbeiter F. W., der im Januar 1913 wegen eines großen Karzinoms des ganzen unteren Magenteils operiert worden ist (Resektion des Ca, Versenken des Duodenalstumpfes, vordere Gastroenterostomie). Er wird am 28. November 1913 wieder aufgenommen wegen Magenbeschwerden. Seit einiger Zeit hat er Krämpfe in der Magengegend, Kreuzschmerzen und Reiz zum Erbrechen. Außerdem hat er bedeutend an Gewicht verloren. Der Befund ergibt nur einen etwas aufgetriebenen Leib, keinen sicheren Tumor, der kleine Magenrest ist nicht verändert. Radiologisch geht der Wismutbrei ohne Störung aus dem kleinen Magen in das Jejunum über. Der Fall bleibt zunächst unklar. Nach einigen Tagen treten periodische krampfartige Koliken in der Magengegend auf, der Mann stößt oft auf, erbricht aber nie. Die Inspektion des Abdomens zeigt einen großen wurstartigen Sack vom linken Hypogastrium nach rechts herüberziehen, man sieht deutliche Darmsteifung und hört lautes Plätschern: ein eigenartiger Ileus. Die Operation bringt die Aufklärung. Der gefühlte Tumor ist das ins Riesenhafte vergrößerte und prall gefüllte Duodenum, das einen Durchmesser von 15 cm hat. Ein großer Karzinomknoten ist in den zuführenden Schenkel der Gastroenterostomie an der Plica duodenojejunalis hineingewachsen und hat so das Duodenum vollkommen verschlossen. Die Galle, Pankreassekrete etc. haben infolge der Resektion nach Billroth II auch nach oben zu keinen Abfluß finden können, und so hat sich immer mehr angesammelt und hat die monströse Entwicklung des Duodenums veranlaßt. Operation: Anastomose zwischen Duodenum und abführendem Jejunumschenkel. Tod an Peritonitis.

In diesem Falle konnte allerdings die Radioskopie nichts aufklären und Palpation und Inspektion sagten uns mehr.

d) Zum Schlusse ist Duodenalstauung noch denkbar durch Rückstauung infolge von Hindernissen in tiefergelegenen Darmpartien. Siehe unten.

Aus der Literatur ist noch ein Fall von Henri Béclère: Sanduhrmagen und Duodenalstenose zu erwähnen. Die Stagnation im Duodenum wird nicht erklärt (zit. nach Fortschritten auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen, Bd. XX, Seite 529).

Damit wären die Möglichkeiten der Entstehung einer Duodenalstauung so ziemlich erschöpft und wir wenden uns zu dem Fall von Duodenalstauung infolge einer Duodeno-jejunal-(Treitzschen) Hernie:

Krankengeschichte: G. H., 14 Jahre altes Mädchen, aufgenommen am 8. Juni 1914, geheilt entlassen am 17. Juli 1914.

Vorgeschichte: Die Mutter des Mädchens ist 42 Jahre alt an Phthisis pulmonum gestorben, der Vater und die Geschwister sind gesund. Von klein auf ist das Mädchen nach Angabe des Vaters schon immer am Magen krank gewesen. Der Arzt behandelte sie wegen Magenkatarrhs. Zeitweilig bestanden Schmerzen im Leib.

1912 zog sich die Patientin durch Fall auf den linken Ellbogen eine suprakondyläre Humerusfraktur mit Dislokation des oberen Fragmentes nach vorn zu und wurde hier 4 Wochen behandelt. Es gelang nicht, die Fragmente richtig zu stellen, und mit erheblicher Bewegungsbeschränkung ging das Mädchen nach Hause (Bewegung nur bis zum rechten Winkel, Streckung nur bis 150°).

Während ihres Aufenthaltes damals war am Abdomen nichts Besonderes aufgefallen, das Mädchen klagte auch nicht und befand sich ganz wohl. Das Gewicht bei der Entlassung betrug 69,5 Pfund. Im Aufnahmebefund ist allerdings notiert „großes, mäßig ernährtes Mädchen".

Die jetzige Erkrankung begann im Herbst 1913. Sie litt am Magen und mußte etwa alle 8 Tage einmal erbrechen. Wenn es nicht zum Erbrechen kam, steckte sie den Finger in den Hals, um zu erbrechen und um das üble Vollsein, das sie sehr quälte, los zu sein. Schmerzen bestanden nicht. 3 Wochen lag sie zu Bett, nach 6 Wochen konnte sie wieder etwas arbeiten. Das ging soweit gut bis Ostern 1914, wenn sie auch hin und wieder erbrechen mußte. Seit Ostern trat wieder das lästige Gefühl der Völle im Leib ein und sie mußte häufig erbrechen. Das Erbrochene war grün, schmeckte sauer und schlecht und enthielt viel Schleim. Eines Nachts traten plötzlich Muskelkrämpfe auf, „die Finger wurden steif, die Waden krümmten sich". Zuletzt erbrach sie täglich große übelriechende Massen von grüner Farbe, die Krämpfe wiederholten sich. Das Mädchen wog Ostern noch 73 Pfund (bei der Aufnahme jetzt 55 Pfund). Der behandelnde Arzt überwies sie wegen Magenerweiterung und Pylorusverengerung zur Operation.

Aufnahmebefund: Das Mädchen ist für ihr Alter groß, aber äußerst abgemagert. Die Zunge ist stark belegt, die Haut ist trocken. Herz und Lungen sind o. B. Der Leib wölbt sich bei der unterernährten Patientin auffallend vor, die Bauchdecken werden gespannt gehalten. Die reflektorische Bauchdeckenspannung läßt ein Tasten nicht zu. Man fühlt keinen Tumor und sieht keine Darmsteifung. Man hört aber deutliches Plätschern. Der Magen scheint erweitert zu sein.

Befund im linken Ellbogengelenk: Die Beweglichkeit ist heute ganz normal. Ein Röntgenbild zeigt, daß das untere Humerusende ganz umgebaut ist. Der vorspringende Teil des nach vorn abgewichenen oberen Fragments der suprakondylären Fraktur, der ursprünglich die Ursache der Bewegungshemmung war, ist verschwunden. Wir haben hier denselben eigenartigen Heilungsvorgang suprakondylärer Humerusfrakturen im Kindesalter, wie ihn Carl in der Deutschen Zeitschrift für Chirurgie Bd. 128 beschrieben hat.

Röntgenuntersuchung des Magendarmkanals: Bei der Durchleuchtung des Abdomens vor Einnahme der Riedermahlzeit fällt auf, daß außer einer großen Magenblase an der normalen Stelle eine zweite fast ebenso große Luftblase auf der rechten Seite in der Gegend des Duodenums sichtbar ist. Als untere Begrenzung dieser Luftblase sieht man deutlich eine horizontale Linie, die sich beim Eindrücken bewegt. Es kann also nur ein stark geblähtes Darmstück sein, das flüssige Massen enthält, über denen Luft steht. Während der Einnahme des Wismutbreis zeigt sich: Der Bibrei passiert ungestört den Oesophagus und füllt einen längsgestellten nicht gedehnten Magen. Der Magen ist in keiner Weise vergrößert, hat eine gute Peristole. Der tiefste Punkt der großen Kurvatur steht gut 4 Querfinger über Nabelhöhe, ist also auch nicht ptotisch. Kräftige peristaltische Wellen treiben den Inhalt durch den Pylorus. Schon nach

$^1/_2$ Stunde sieht man ein auffallendes Bild. Im gleichen Niveau sieht man rechts und links Wismutbrei in Form von Segmenten liegen, rechts ein dickeres, links ein flacheres. Drückt man auf die beiden Wismutmassen, so kommen sie zusammen. Bei Nachlassen des Drucks pendeln sie wieder auseinander. (Bei derartig interessanten Fällen ist es unerläßlich, fortlaufend zu durchleuchten, was aus Gründen des Operationsbetriebes hier zurzeit nicht möglich war.) Die große Luftblase rechts stand also offenbar im oberen Teil des Duodenums, das mit Flüssigkeit bis zu der horizontalen Linie gefüllt war. Das schwere Wismut sammelte sich an der tiefsten Stelle und war links anscheinend schon ins Jejunum hinübergetreten.

Eine Röntgenaufnahme nach 6 Stunden zeigt folgendes interessante Bild:

Der Magen enthält noch einen erheblichen Rest. Kontraktionsringe zeigen die sehr starke motorische Tätigkeit im Antrum an. Die große Luftblase über dem Flüssigkeitsspiegel ist ebenfalls noch sehr deutlich. Zwischen Magen- und Duodenalfüllung sieht man nicht den normalen Spalt, sondern die Antrumperistaltik schiebt gerade eine Menge Wismut ohne Kontinuitätstrennung, in den Bulbusteil des Duodenums hinein. Die beiden Wismutsegmente unterhalb des Nabels sind noch deutlicher geworden. Ein schwächerer Bischatten führt von dem einen Segment zum andern hin. Ins Coecum ist nichts vom Bibrei eingetreten, auch im übrigen Dünndarm sieht man keinen Kontrastbrei.

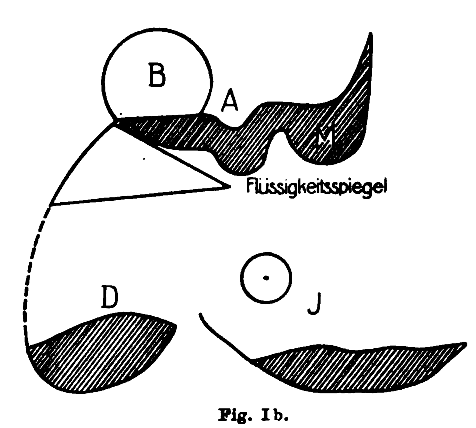


Fig. Ib.
Erklärung zur Aufnahme 6 Stunden nach Einnahme des Babreis.
A = Antrum, M = Magen,
B = Bulbus, D = Duodenum,
J = Jejunum.

Diese auffallenden radiologischen Symptome standen zunächst in einem Gegensatz zu dem, was man erwartet hatte. Ein großer, gedehnter ptotischer Magen war nicht vorhanden, eine Pylorusstenose konnte auch nicht vorhanden sein. Die Rückstauung mußte von einer Stenose weiter unten im Darmkanal ausgehen, die aber zunächst gänzlich dunkel war.

Die Operation bei dem wasserverarmten und sehr abgemagerten Kinde drängte. Sie erst gab Aufschluß und bestätigte den Röntgenbefund voll und ganz. In Sauerstoffchloroformnarkose wurde das Abdomen in der Medianlinie eröffnet. Der Befund war höchst merkwürdig. Man hatte zunächst den Eindruck, als ob das Mädchen 2 Magen besäße. Ein größerer oberer Sack war der wirkliche Magen, ein zweiter rechts unten davon liegender unterer Sack war zunächst nicht zu definieren. Ein Megakolon wurde ausgeschaltet: Das abnorme lange Colon descendens und Flexura sigmoidea (Makrokolon) ließ sich daneben frei entwickeln. Von Dünndarm war zunächst nichts zu sehen. Aus dem kleinen Becken ließ sich ein Paket Dünndarm herausholen, und während der Entwicklung desselben wurde es klar, daß der große Sack rechts eine Duodeno-jejunal-Hernie war. Das untere Ileum führte in den Sack hinein und war an der Unterseite mit dem Bruchsack verwachsen. Die Verwachsungen wurden gelöst. Der Bruchsack wurde vom Bruchring aus, der nach rechts hin offen war, unter Schonng der Gefäße gespalten. Der stark dilatierte und hypertrophische Dünndarm wurde mühelos herausgezogen. Das bis zum Durchmesser eines Männerarms dilatierte und hypertrophierte Duodenum wurde im unteren Abschnitt teilweise freigelegt. Die vordere Wand des nunmehr leeren Bruchsackes wurde größtenteils exstirpiert. Die Plika wurde durch Nähte verkleinert, um ein abermaliges Entstehen einer Hernie zu verhindern.

Am Magen selbst war nichts Abnormes, der Pylorus war weit ohne eine Spur von Adhäsionen oder Narben. Der Heilverlauf war völlig ungestört, die ganzen Erscheinungen des chronischen Ileus vor allem das Erbrechen hörte ganz auf und nach 5 Wochen schon konnte das Mädchen mit einer Gewichtszunahme von 17 Pfund entlassen werden.

Operationsdiagnose: Das für die Duodeno-jejunal-Hernie absolut Charakteristische: Durch die sogenannte Bruchpforte tritt im Gegensatz zu allen anderen Hernien nur ein Schenkel, und zwar der abführende hindurch: wurde zweifelsfrei festgestellt. Das oberste Jejunum trat hinten in der Tiefe des Bruchsacks als zuführender Schenkel in den Bruchsack ein, und das Ileum trat unten aus. Man unterscheidet bekanntlich linksseitige und rechtsseitige Duodenalhernien (Jonnesco) oder besser Duodeno-jejunal-Hernien (Leichtenstern). Die linksseitigen werden auch Treitzsche Hernien oder Herniae retrovenosae nach Küppers genannt, die rechtsseitigen nennt Brösike Para-jejunal-Hernien, Küppers wohl treffen-

der Retromesentericae. Für eine linksseitige Duodenal- oder Treitzsche Hernie sprach trotz ihrer Lage mehr in der rechten Bauchhälfte:

1. die Lage der Bruchpforte rechts an der Bruchsackwand;
2. das Fehlen der für para-jejunale Hernien charakteristischen Verlötung des obersten Jejunum mit der hinteren Bauchwand (nach Brösike).
3. Der Dünndarm lag nicht unter dem Art. mesenterica superior, die man am Pulsieren wohl erkannt hätte.

Für die klinische Beurteilung und für die Operation scheint es mir übrigens nicht so sehr wesentlich zu sein, ob es sich um eine Treitzsche oder eine para-jejunale Hernie handelt. Daß man einigermaßen über die anatomischen Verhältnisse orientiert ist unddaß man vor allem die lebenswichtigen Gefäße schont, ist freilich notwendig. Bei der rechtsseitigen Duodeno-jejunal-Hernie, deren Bruchpforte nach rechts unter der Radix mesenterii hindurchführt, wird man auf die in ihrem vorderen Umfang verlaufende Art. mesent. sup., bei der Treitzschen Hernie auf den Gefäßring aus Vena mesenterica inferior und Arteria colica sinistra achten müssen.

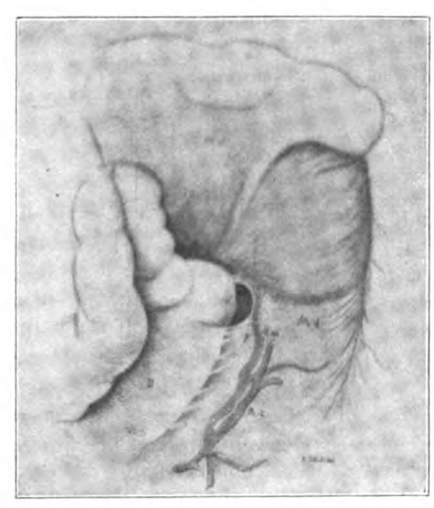
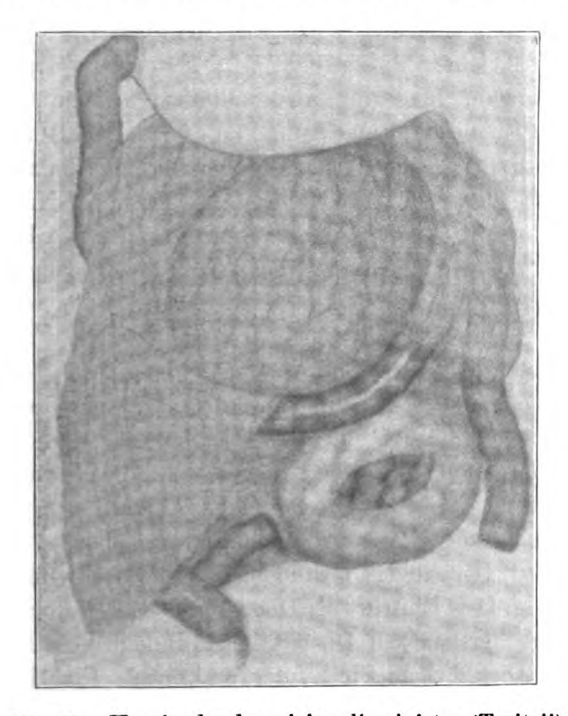


Fig. I. Recessus duodeno-jejunalis nach Treitz.

Epikrise: Das Mädchen war nach Angabe des Vaters schon von klein an krank am Magen gewesen. Es wurde auch öfters ärztlich behandelt. Zeitweilig bestand Erbrechen, ab und zu auch Schmerzen im Leib. Ganz allmählich verschlimmerte sich das Leiden, bis das Erbrechen schließlich täglich erfolgte, Tetanie auftrat, und der rapide Gewichtsverlust und Kräfteverfall und die Beschwerden eine Operation notwendig machten. Betrachten wir jetzt nach der Operation nochmals das Röntgenbild, so kann der breite Flüssigkeitsspiegel und die große Luftblase rechts nur das stark geblähte und gefüllte bis manns-



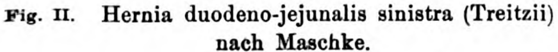


Fig. II. Hernia duodeno-jejunalis sinistra (Treitzii) nach Maschke.

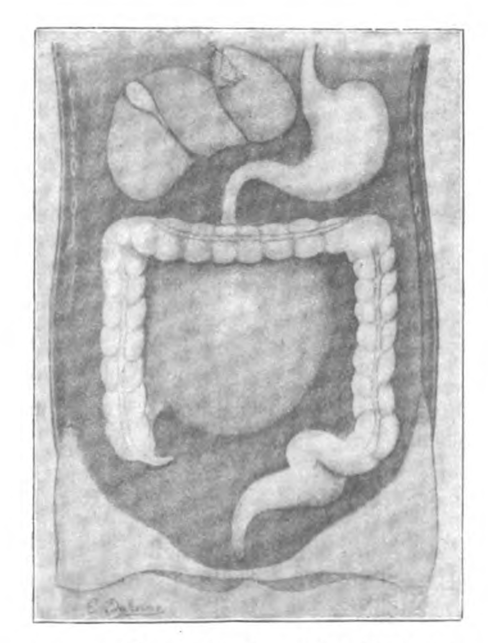


Fig. III. Hernia duodeno-jejunalis dextra schematisch nach Jonnesco.

armdicke Duodenum sein. Diese enorme Duodenumdilatation war eigentlich schon ohne Bimahlzeit sichtbar, nur konnte man an eine so starke Dilatation nicht glauben. Sie wird auch zweifellos ein seltener Röntgenbefund bleiben. Sehr charakteristisch ist auch, daß die Antrumperistaltik kontinuierlich ohne Spalt in die Duodenalfüllung übergeht.

Die ganze kolossale Rückstauung ist also wohl so zu erklären. An der Plica duodena-jejunalis war Jejunum in den stark entwickelten Recessus duodeno-jejunalis hineingeschlüpft. Durch partielle Okklusion wohl durch eine Knickung infolge der Verwachsungen an der Bruchpforte wurde ein Widerstand erzeugt, gegen den oberes Jejunum, Duodenum und Magen anarbeiteten. Allmählich entstand eine Hypertrophie und Dilatation des oberen Jejunums und Duodenums. Das frühzeitige Erbrechen spricht dafür, daß die Muskulatur bald nicht mehr genügte, um die Ingesta rektalwärts zu treiben. Aus ihrer Insuffizenz resultierte eine Stagnation, und die rückläufige Peristaltik trieb die stagnierenden Massen durch den offenen Pylorus in den Magen, der sich ihrer durch den Brechakt entledigte. Trotzdem der Fall dekompensiert war, weil die Muskulatur des Duodenums den unterhalb sitzenden Widerstand größtenteils nicht mehr überwinden konnte und in dem erweiterten Jejunum und Duodenum eine erhebliche Stagnation statthatte, brauchte der Magen nicht oder besser noch nicht dilatiert zu sein. Am Magen sah man bloß den 6-Stundenrest, die starke Antrumperistaltik. Die Entleerung durch den Brechakt hatte ihn bis dahin vor Dilatation geschützt.

Möglich ist allerdings auch, daß eine gewisse Erweiterung des Duodenums schon angeboren, oder jedenfalls in den ersten Lebensjahren erworben war, wodurch der ganze Krankheitsprozeß gleich von vornherein als Hauptsymptom die Duodenalstauung so ausgeprägt zeigte. Dafür spricht, daß das Kind von Jugend auf Beschwerden von seiten des Magendarmkanals zeigte.

Nachuntersuchung am 16 November 1915.

Aus der vor der Operation hochgradig abgemagerten Patientin mit einem Gewicht von 55 Pfund ist ein frisches Mädchen mit blühender Gesichtsfarbe geworden. Sie wiegt jetzt 102 Pfund. Sie hat keinerlei Beschwerden, kann alles essen und hat immer Appetit.

Röntgenuntersuchung: Vor Einnahme der Riedermahlzeit sieht man an normaler Stelle die Magenblase und eine zweite rundliche Gasblase unter dem rechten Rippenbogen. Der Bariumsulfatbrei zeigt uns einen sich rasch füllenden Hackenmagen, der allmählich mit dem tiefsten Punkt der großen Kurvatur bis gut 3 Querfinger unter Nabelhöhe steht (ptotischer Hackenmagen). Durch Auspressen (Effleurage) lassen sich leicht münzenförmige Breiportionen aus dem Antrum in den Bulbusteil des Duodenums drücken. Es bleibt aber stets der Spalt zwischen Antrum- und Bulbusinhalt (der Muskelring des Pylorus). Irgend nennenswerte Peristaltik kann man am Antrum nicht erkennen. Das Duodenum verläuft nach oben. Eine Aufnahme (siehe Bild) nach $^1/_2$ Stunde zeigt zunächst noch einen großen Magenrest unterhalb des Nabels ohne jede Peristaltik. 2 Querfinger breit oberhalb des Nabels und etwas rechts von der Mittellinie liegt Brei im Bulbusteil des Duodenums. Darüber sieht man den höchststehenden Teil des Zwölffingerdarms (peritonealer Fixationspunkt) mit Gas gefüllt. In etwas winkligem Bogen geht es in den absteigenden Ast über, der durch quergestreiften Babrei deutlich ist. Bulbus, oberer horizontaler und absteigender Teil des Duodenums verlaufen auf der Platte in Gestalt eines *S*, der untere, horizontale Teil geht in Nabelhöhe nach links hin.

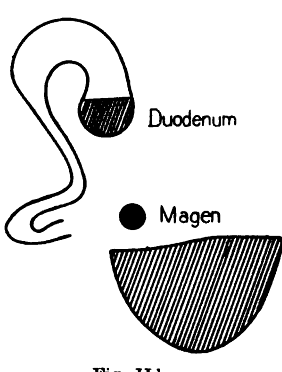


Fig. II b.
Erklärung zur Aufnahme $^1/_2$ Stunde nach Einnahme des Babreis.

Nach $5^1/_2$ Stunden ist Magen, Duodenum und Jejunum völlig leer. Man sieht die untersten Ileumschlingen und das Coecum gefüllt, der Brei steigt das Colon ascendens hinauf.

Gegenüber dem Befund vor der Operation haben wir heute ein völlig verändertes Bild. Vor allem besteht jetzt normale Vorwärtsbewegung. Der frühere 6-Stundenrest ist verschwunden. Dia starke Antrumperistaltik besteht nicht mehr. Der Eintritt ins Duodenum erfolgt normal. Das Duodenum zeigt schon normalerweise infolge der starken Dislokationsfähigkeit besonders des ersten Teils eine Reihe von Lagevarianten. Die höchste Stelle, der peritoneale Fixationspunkt, hat sich auch in unserem Fall kaum geändert. Alles andere, insbesondere auch der Magen zeigt starke Lage- und Formveränderungen. Das Duodenum steht mit seinem höchsten Punkt heute $19^1/_2$ cm (nach der Platte gemessen) über dem tiefsten Punkt des Magens (vor der Operation $6^1/_2$ cm). Die Hubhöhe hat also bedeutend zugenommen. Der tiefste Punkt des Duodenums steht heute nur etwas unter Nabelhöhe, damals 5 cm. Man hat jetzt den Eindruck, als ob das Duodenum länger und auch noch weiter wäre als normal. Das ist nach

dem früheren Bild und dem Operationsbefund nicht verwunderlich. Eine bessere Darstellung des Duodenums hätte man durch die direkte Duodenalfüllung nach David erreichen können, sie wurde aber bei dem von auswärts ambulant untersuchten Mädchen aus gewissen Gründen unterlassen.

Gänzlich verschwunden ist jedenfalls der Flüssigkeitsspiegel, die Duodenalstauung, die Ektasie ist sehr viel geringer geworden. Hierin ergänzt der radiologische Befund das jetzt auch klinisch normale Verhalten (keinerlei Erbrechen, kein Gefühl der Völle mehr usw.).

Interessant ist aber weiter und auf den Platten besonders schön zu sehen die erhebliche Lageveränderung des Magens zum Duodenum. Der gefüllte Magen steht heute mit dem tiefsten Teil über 3 Querfinger unter Nabelhöhe, während er vor der Operation weit über Nabelhöhe stand. Es hat sich sukzessive eine Ptosis des Magens entwickelt. Die langsame Entwickelung der Senkung sieht man ohne weiteres an zu verschiedenen Zeiten gemachten Aufnahmen.

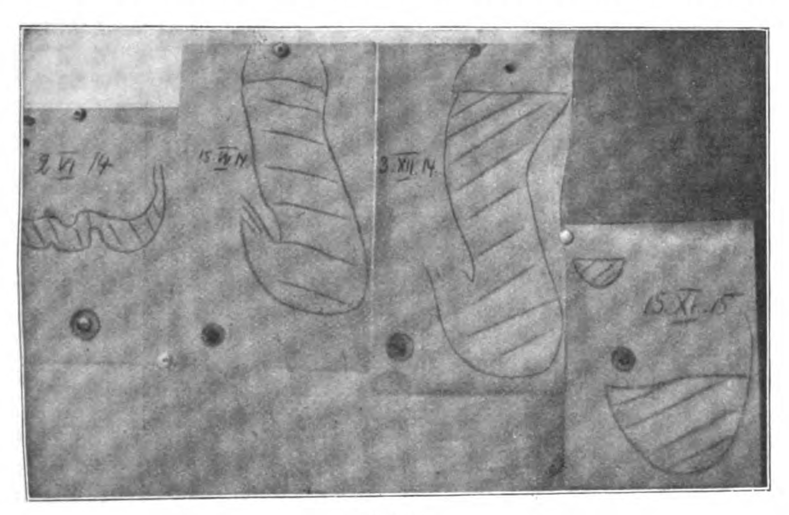


Fig. IV.
Magenwanderung nach der Operation.

Aufnahmen im Stehen zu verschiedenen Zeiten:

Am 2. VI. 1914 stand der tiefste Punkt 3 Querfinger über Nabelhöhe (vor der Operation), 6-Stundenrest.

Am 15. VII. 1914 nach der Operation nur noch 1 Querfinger über Nabelhöhe.

Am 3. XII. 1914 etwas unter, und

am 16. XI. 1915 über 3 Querfinger unterhalb des Nabels (Aufnahme nach $^1/_2$ Stunde).

Wie ist die Entstehung dieser Ptosis zu erklären? Mögen auch gewisse Fehler durch nicht ganz gleiche Haltung bei den Aufnahmen unterlaufen sein, so ist doch diese große Differenz — erst $5\,^1/_2$ cm über, jetzt $7\,^1/_2$ cm unter Nabelhöhe auf der Platte — von 13 cm wohl so zu deuten. Vor der Operation konnte das Mädchen infolge der hochgradigen Rückstauung nur sehr wenig genießen. Der Magen wurde durch Ingesta nie richtig gedehnt, er schrumpfte gewissermaßen, außerdem befand er sich andauernd in einem gewissen Kontraktionszustand oder auch Zustand erhöhter Tätigkeit, um entweder das Hindernis tief unten zu überwinden oder aber der Rückstauung nach oben oralwärts Luft zu machen. Für diesen Kontraktionszustand spricht vor allem die auch auf der Platte fixierte starke Antrumperistaltik. Nach Beseitigung dieses Hindernisses fing das Mädchen an zu essen, der Magen wurde gedehnt, wurde größer und kam so schließlich unterhalb Nabelhöhe, wie ihn die Platte zeigt. Wahrscheinlich haben die Aufhängeapparate des Magens unter dem Einfluß des gewaltigen Appetits und der dadurch bedingten starken Nahrungszufuhr etwas nachgegeben. Daß der Magen trotzdem über eine sehr gute Muskulatur verfügt, beweist die Bewältigung der jetzt viel größeren

Hubhöhe und die Gewichtszunahme. Es will etwas heißen, sein Gewicht in $1^1/_2$ Jahren fast zu verdoppeln. Und das ist doch in der Hauptsache Leistung des Magens gewesen.

Die Diagnose einer Duodeno-jejunal-Hernie wird in Fällen mit nur leichten klinischen Erscheinungen stets sehr schwierig und zweifelhaft sein, in den Fällen mit foudroyant einsetzender Inkarzeration wird man über die Diagnose akuter Ileus nicht hinauskommen. Günstiger für die Diagnose liegen meines Erachtens die Fälle mit langsam verlaufendem, chronischem Ileus. Diese Fälle kann man radiologisch untersuchen, und das Röntgenbild kann, wie auch in unserem Fall, mancherlei aufklären, was mit anderen Untersuchungsmethoden nicht zu erkennen ist.

Literatur.

1) Aßmann u. Becker: Zur röntgenologischen Diagnostik und chirurgischen Therapie der Duodenalstenose. Mitteilungen aus den Grenzgebieten für Medizin und Chirurgie, Bd. 24, Nr. 3, 1913.
2) Béclère: Sanduhrmagen und Duodenalstenose. Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen, Bd. XX, Seite 529.
3) Cornelius Müller: Duodenalerkrankungen im Röntgenbilde. Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen, Bd. XXI, Seite 614.
4) David: 1. Zur Geschichte und Technik der Radiologie des Duodenums Deutsche medizinische Wochenschrift 1914, Nr. 1. 2. Dilatationen des Duodenums im Röntgenbild bei direkter Füllung. Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen, Bd. XXII, Seite 208.
5) Faulhaber: Die Röntgendiagnostik der Magendarmkrankheiten.
6) Lewes Gregory Cole: Die künstliche Erweiterung des Duodenums in der radiographischen Untersuchung. Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen, Bd. XX, Seite 437.
7) Haberer: Der arterio-mesenteriale Darmverschluß. Ergebnisse der Chirurgie und Orthopädie, Bd V, 1913.
8) Holzknecht: Die Duodenalstenose durch Füllung und Peristaltik radiologisch erkennbar. Deutsche Zeitschrift für Chirurgie, Bd. 105.
9) Melchior: Kongenitale tiefe Duodenalstenose bedingt durch Situs inversus partialis. Berliner klinische Wochenschrift 1914, Nr. 15.
10) Lexer: Centralblatt für Chirurgie 1914, Nr. 24, Seite 1031.
11) Schmidt: Angeborene Erweiterung und Divertikelbildung des Duodenums. Münchener med. Wochenschrift 1914, Nr. 23, Seite 1278.
12) Rieder-Rosenthal: Lehrbuch der Röntgenkunde.
13) Schlesinger: Das röntgenologisch Erkennbare beim Ulcus duodeni. Deutsche mediz. Wochenschrift 1914, Nr. 23, Seite 1155.

Ein Divertikel an der Pars descendens duodeni mittels Röntgenuntersuchung diagnostiziert und operativ entfernt.

Von

Gösta Forssell und **Einar Key,** Stockholm.

(Hierzu Tafel VI und VII.)

Der vorliegende Fall einer Divertikelbildung am Duodenum scheint uns dermaßen von allgemeinem Interesse zu sein, daß eine Publikation desselben berechtigt ist.

So weit wir finden können, ist dies der erste Fall von Divertikelbildung an der Pars descendens duodeni, welcher mittels einer Röntgenuntersuchung diagnostiziert worden ist, sowie auch der erste Fall eines Duodenaldivertikels, das nach einer vor dem chirurgischen Eingriff gestellten Diagnose entfernt worden ist.

Krankengeschichte:

Die 41jährige Frau hatte seit 15—20 Jahren an Magenbeschwerden gelitten. Im ersten Jahre saures Aufstoßen mit Schmerzen in der Magengrube eine Weile nach dem Essen, doch kein Erbrechen. Zeitweise besser. In den letzen 10 Jahren hat die Patientin nicht an saurem Aufstoßen gelitten. Die Schmerzen haben auch einen anderen Charakter angenommen und scheinen jetzt weniger als zuvor von

dem Essen abhängig zu sein; erscheinen meistenteils in der Nacht gegen Morgen und haben oft den Schlaf verhindert. Die Schmerzen sind im ganzen Magen fühlbar, bald hier, bald dort, zuweilen gegen den Rücken hin, nicht mehr nach der einen Seite als nach der anderen. Kein Ikterus; kein Erbrechen, Stuhl ungefähr normal. Die Patientin wurde vor zwei Jahren von einem Magenspezialisten untersucht, welcher die Abwesenheit von Salzsäure konstatierte und Pepsin und Salzsäure vorschrieb. Im April 1914 wurde Dr. O. Lidin in Stockholm konsultiert, welcher normalen Gehalt an Salzsäure und normale Entleerung des Magens konstatierte und die Patientin zur Röntgenuntersuchung remittierte. Röntgenuntersuchung (Dr. G. Forssell) am 1. V. 1914. „Die Nierenschatten treten wegen Skybalaschatten, welche sie decken, undeutlich hervor. Keine Konkremente sind sichtbar, weder in den Nieren, den Ureteren noch in der Harnblase. Der Magen hat gewöhnliche Form und ist um den Inhalt gut kontrahiert. Der untere Pol des Magens steht bei einer Füllung von 225 gr 10,5 cm unterhalb der Crista iliaca; die vertikale Länge des Magens 24 cm. Der untere Pol steht bei einer Füllung von 450 gr[1]) 12 cm unterhalb der Crista iliaca; die vertikale Länge des Magens 26 cm.

Die Konturen sind überall glatt und eben. Die Peristaltik ist normal mit typisch verlaufender Kanalisperistaltik. Die Pylorusscheibe trat deutlich vor mit ebenen Konturen. Der untere Magenpol und der Pylorus änderten beim Übergang von stehender zu liegender Stellung unbedeutend ihre Lage. Schon bei der Durchleuchtung schien eine reichliche Menge des Mageninhaltes in den Darm entleert zu werden. Das Duodenum war in Bauchlage ausgefüllt aber nicht ausgedehnt. Nach 4 Stunden war der Magen ganz entleert. Die Röntgenmahlzeit befindet sich in den Dünndärmen. Nach 23 Stunden befindet sich die Röntgenmahlzeit in dem Coecum und dem Colon ascendens und ist nach 43 Stunden in dem ganzen Dickdarm verbreitet Schon auf der unmittelbar nach der Mahlzeit genommenen Aufnahme (Fig. 1) und ebenso auf der nach 4 Stunden genommenen Aufnahme (Fig. 2) sieht man einen ungefähr 10-Pfenniggroßen Schatten der Röntgenmahlzeit, welche sich wahrscheinlich in der Gegend der Flexura duodeno-jejunalis gesammelt hat. Dieser Schatten bleibt auf der Radiographie unverändert stehen, sowohl nach 23 wie nach 46 Stunden (Fig. 3 und 4).

Am 5. V., 2 Uhr nachmittags, 4 Tage nach der ersten Durchleuchtung und nachdem die Patientin einen Einlauf erhalten hat, findet man noch einen Rest der Röntgenmahlzeit, mit später eingenommenen Speisen gemischt im Dickdarm. Außerdem bleibt auch hier der 10-Pfenniggroße Schatten der vorigen Platten bestehen (Fig. 5).

Bei Durchleuchtung (in Rückenlage) konnte dieser Schatten um einen Punkt rechts von dem Nabel verschoben werden, sowohl aufwärts wie nach den Seiten innerhalb eines Gebietes von etwa 6 cm Breite. Dieser Schatten war auch bei tiefer Respiration ungefähr 3 cm in vertikaler Richtung verschiebbar. (Siehe das beigefügte Orthodiagramm Fig. 7.)

Keine Druckempfindlickeit über der Gegend des Schattens.

Die Röntgenuntersuchung zeigt eine Retention der Röntgenmahlzeit in der Gegend der Flexura duodeno-jejunalis, als einen 10-Pfenniggroßen, scharf begrenzten Schatten hervortredend, welcher 4 Tage nach dem Einnehmen der Röntgenmahlzeit noch deutlich zu sehen war. Hier liegt möglicherweise ein ulzeröser Prozeß im Darm vor, oder wahrscheinlicher noch, mit Hinsicht auf die Beweglichkeit und die Unempfindlichkeit, ein Recessus, oder ein Divertikel."

Forssell.

Archivsignatur D. i. 3108.
Röntgenjournal. n:r 57831.

Die Patientin wurde am 9. Mai 1914 ins Maria-Krankenhaus in Stockholm aufgenommen. Status bei der Ankunft: Der Magen weich und unempfindlich. Keine Resistenz palpabel. Probefrühstück: 0 Retention; HCl 30; Ta 45; Bourget nach 7 Stunden, 0 Retention. Faeces: Weber negativ.

Operation am XIII. V. (Key): Exstirpatio diverticuli duodeni; Medianschnitt im Epigastrium. Die Leber gesenkt, ebenso der Magen und das Duodenum, welche, besonders das Duodenum, ungewöhnlich leicht hervorzuziehen waren. Der Magen und Pars horizontalis sup. duodeni im übrigen ohne Besonderheit. Keine Zeichen von Ulkus. Pylorus von normaler Weite. In dem unteren Teil der Pars descendens duodeni, nahe dem Übergange in die Pars inferior, wurde ein Divertikel von breiter Handschuhfingerform gefunden, welches (in gehärtetem Zustande) eine Länge von 3,5 cm hat und im größten Diameter 2,5 cm mißt. Siehe Fig. 6. Das Divertikel war von dünnen, membranösen Adhärenzen umgeben, sonst aber gut verschiebbar. Nach Wegschneiden der Adhärenzen zeigte es sich, daß das

[1]) Die Patientin erhielt 400 gr von einem dünnen Saftcreme mit einem Zusatz von 50 gr Toriumoxyd („Aktinophor"). Über die Bereitung dieser Creme siehe: Forssell, Über die Beziehung der Röntgenbilder des menschlichen Magens zu seinem anat. Bau. Erg. Band XXX der Fortsch. auf d. Geb. d. Röntgenstrahlen S. 99.

Divertikel gegen die Basis schmaler wurde und mit einer ungefähr kleinfingerbreiten Öffnung in dem medialen Rande der Pars descendens duodeni hinausmündete. Das Divertikel wurde entfernt, und die Öffnung in der Duodenalwand auf gewöhnliche Weise suturiert. Heilung pp. Der Verlauf nach der Operation ohne Besonderheit.

29. V. Röntgenuntersuchung (Forssell): „Die Patientin wurde 20 Min. nach Einnehmen von 300 gr Saftbrei mit 50 gr Toriumoxyd, „Aktinophor", untersucht. Der meiste Mageninhalt war dann schon in den Dünndarm hinauspassiert. Die untere Magengrenze stand (in stehender Stellung) unten beim kleinen Becken. Keine Retention im Duodenum konnte bei der Durchleuchtung entdeckt werden, weder in stehender noch in liegender Stellung. Nach 4 Stunden keine Retention im Magen oder im Duodenum; die Radiogramme stimmen mit der Durchleuchtung überein."

30. V. Die Patientin, welche nach der Operation symptomenfrei gewesen ist, wird heute gesund geschrieben.

Das Präparat ist von Herrn Professor Ulrik Quensel in Upsala untersucht worden, der folgende Beschreibung gegeben hat: „Das exstirpierte Divertikel ist sehr dünnwandig; nur bei der Mündung desselben in dem Darme hat die Wand auf einer Stecke von ein paar Millimetern die Dicke einer gewöhnlichen Darmwand. An dieser Stelle zeigt sich bei der mikroskopischen Untersuchung, daß die Wand aus den normalen Schichten der Darmwand zusammengesetzt ist, an den übrigen Stellen besteht sie dagegen nur aus Schleimhaut und Submukosa. Die Drüsenlage der Schleimhaut hat normales Aussehen, Muscularis mucosae ebenso. Die Schicht der Submukosa, welche nach außen die Wand des Divertikels begrenzt, ist von wechselnder Dicke, etwas breiter an der Basis als an der Spitze des Divertikels; an einer Stelle ist eine Gruppe von Brunnerschen Drüsen beobachtet worden. Im übrigen besteht die Submukosaschicht aus lockerem Bindegewebe, in welchem blutgefüllte Gefäße zu sehen sind.

Die Bildung ist also nach anatomischem Gesichtspunkt ein sogenanntes falsches Divertikel."

Inwiefern die Magenbeschwerden, woran die Patientin vor der Operation gelitten hat, von dem Divertikel des Duodenums abhängig waren, ist nicht leicht sicher zu entscheiden. Die Patientin ist indessen nach der Operation symptomenfrei gewesen. Letztes Mal wurde sie den 30. Nov. 1915 beobachtet. Die Magenbeschwerden, welche sie vor der Operation quälten, haben danach ganz aufgehört. Es ist also wahrscheinlich, daß die Magenbeschwerden tatsächlich von dem Divertikel verursacht waren. Die Unannehmlichkeiten vor der Operation stimmten am meisten mit denen eines Ulkus überein. Kein Zeichen eines Magen- oder Duodenalulkus wurde bei der Operation gefunden, dagegen wurde eine allgemeine Enteroptose konstatiert. Gegen die Wahrscheinlichkeit, daß diese die Ursache der Schmerzen sein sollte spricht, daß die Schmerzen nicht von der Größe der Mahlzeiten abhängig waren und am meisten des Nachts auftraten, sowie das vollständige Entleerung des Magens in normaler Zeit stattfand. Die Beschwerden, welche gewöhnlich auf die Enteroptose bezogen werden, sind ja am größten, wenn der Patient auf ist, und werden geringer und verschwinden, wenn der Patient zu Bett ist. Möglicherweise hat eine Stagnation von Mageninhalt in dem Divertikel die Beschwerden hervorgerufen. Vielleicht ist auch das Divertikel entzündet gewesen. Hierfür sprechen gewissermaßen die dünnen Adhärenzen, welche das Divertikel abgaben.

M. Roth[1]), der 1872 eine Arbeit über Divertikelbildung im Duodenum herausgab, bezeichnet diese Bildung als „eine ziemlich gewöhnliche Anomalie". Er referiert aus der Literatur 7 Fälle und teilt 5 eigene Beobachtungen mit.

Wilkie[2]) hat 1913 nur 68 Fälle von Duodenaldivertikel in der Literatur finden können und beschreibt 5 neue Fälle. Auch Wilkie meint, daß diese Bildungen, „obwohl nicht gewöhnlich, doch nicht als anatomische Raritäten zu betrachten sind"; sie können aber sehr leicht übersehen werden, wenn man nicht die Aufmerksamkeit besonders auf sie richtet.

Dies gilt von sogenannten falschen Divertikeln am Duodenum, d. h. Divertikel, welche die Muskelschicht des Darmes vermissen lassen.

In einer Sammelstatistik von Lamb[3]) über „echte" Divertikel am Darme, d. h. über

---

[1]) Virchows Arch. f. Pat. Anat. u. Physiol. Bd. 65, S. 197.

[2]) The Edinburgh Medical Journal. Sept. 1913.

[3]) Journal of the Amer. Med. Assoc. 1893. Cit. in Wilms „Der Ileus". Deutsche Chir. Lief. 46, S. 443.

solche Divertikel, die ein vollständiges Ausstülpen der Darmwand zeigen und die sämtliche Schichten der Darmwand enthalten, sind nur 7 Fälle solcher Bildungen am Duodenum gefunden worden, 14 aber am Jejunum und 160 am Ileum. Die vollständigen, „echten" Duodenaldivertikel scheinen also eine ziemlich große Seltenheit zu sein.

Außer für die „Meckelschen" Divertikel, welche, wie bekannt, die Reste eines nicht zurückgebildeten Ductus omphalomesentericus sind, kann kein einheitlicher Ursprung aufgewiesen werden, weder für die vollständigen, „echten", noch für die unvollständigen, „falschen" Darmdivertikel.

Wie v. Hansemann[1]) hervorhebt, fällt der Begriff erworbene Divertikel nicht mit dem Begriffe „falsche" Divertikel zusammen, da auch erworbene Divertikel durch Ausbuchtung von allen Schichten der Darmwand gebildet sein können und also „echte" Divertikel sind.

Wilkie (l. c.) hat anderseits betreffs der Duodenaldivertikel, wie es scheint, überzeugend gezeigt, daß auch unvollständige, „falsche" Divertikel einen kongenitalen Ursprung haben können und also Entwickelungsanomalien sein können.

Als Ursache der erworbenen Divertikelbildungen sind verschiedene Momente angeführt worden, wie Narbenbildung im Peritoneum [Birch-Hirschfeld[2])], Geschwulstbildung in der Darmwand [Angiome, Myome, v. Hansemann l. c., Hirschel[3])], Schleimhautbruch in die Venenscheiden hinein bei senilem Marasmus oder Kachexie (v. Hansemann l. c.), einseitige Erweiterung oberhalb einer Verengung des Darmlumens [Morgani[4])] oder Gallensteine im Darme [v. Ziemßen[5])]. Schließlich müssen die von Wilkie besonders hervorgehobenen Ulkusdivertikel erwähnt werden, welche in der Regel an der Decke des Bulbus Duodeni vorkommen und durch Ausbuchtung einer Ulkusnarbe entstehen. Ihre Wand wird hauptsächlich aus Narbengewebe gebildet.

Traktion der Darmwand bei Atrophie des Pankreas, die einige Verfasser als die Ursache der Divertikelbildung am Duodenum anführen, wird von Wilkie (l. c.) als divertikelbildendes Moment zurückgewiesen; ebenso die von Fleischmann angenommene Schwächung der Darmwand bei dem Eintritt des Gallen-Pankreasganges durch die Darmmuskulatur.

Ein Nebenpankreas ist mehrmals [Neumann[6]), Nauwerk[7])] in dem submukösen Gewebe der Darmdivertikel gefunden worden, und ist als die Ursache zu sekundärer Divertikelbildung durch Traktion (v. Hansemann l. c.) gedeutet worden.

Es kommt wahrscheinlich vor, daß die beiden auf einmal auftretenden Anomalien den Ausdruck einer Entwicklungsstörung ausmachen.

Daß ein Nebenpankreas eine mechanische Ursache zur Divertikelbildung sein sollte, ist um so weniger wahrscheinlich, als ein solches Nebenpankreas auch bei typischen Meckel'schen Divertikeln [Zenker[8]), Quensel[9])] gefunden worden ist.

Wilkie (l. c.) gibt eine Zusammenfassung von den in der Literatur vorkommenden Beschreibungen von Duodenaldivertikeln.

In den meisten Fällen sind Duodenaldivertikel bei älteren Personen gefunden worden. In 83% der beobachteten Fälle waren die Patienten über 50 Jahre alt.

Pars descendens duodeni war meistens der Sitz der Veränderung. In 44 von Buschi[10])

[1]) Virchows Arch. Bd. 144, 1896, S. 400.
[2]) Lehrbuch. 4. Aufl. 1895, S. 656.
[3]) Virchows Arch. Bd. 177, 1904, S. 167.
[4]) Cit. bei Edel. Virch. Arch. Bd. 138, 1894, S. 352.
[5]) Spec. Pathol. u. Therapie. 2. Aufl. Bd. 7. II. S. 445 Anm. Cit. bei Edel. S. 352.
[6]) Arch. für Heilkunde 1870, S. 200.
[7]) Zieglers Beiträge Bd. XII, 1893, S. 28.
[8]) Virchows Arch. Bd. XXI, S. 186.
[9]) Nord. Med. Arkiv 1898, Bd. 31.
[10]) Ref. von Wilkie.

untersuchten Fällen befand sich die Divertikelbildung 6 mal in der Pars superior duodeni, 33 mal in der Pars descendens und in der Pars inferior 3 mal, während in 2 Fällen Divertikel sowohl in der Pars superior als in der Pars descendens gefunden worden sind. Innerhalb der Pars descendens macht die Umgebung der Papilla duodenalis (Vateri) die Prädilektionsstelle der Divertikelbildung aus, welches französischen Verfassern Anlaß gegeben hat zu der Benennung „Diverticules périvateriens".

In der Regel kommt nur ein Divertikel vor, doch sind 4 bis 5 Divertikeln in demselben Falle beobachtet worden.

Zuweilen sind symmetrische Divertikel gefunden worden, eins auf jeder Seite der Papilla duodenalis.

Die Größe der Divertikelbildung variiert innerhalb weiter Grenzen: von Hanfsamen- bis Hühnereigröße.

Die Form ist gewöhnlich sphärisch, doch nicht selten ovoid oder einem Handschuhfinger ähnlich, wie in dem von uns beobachteten Falle.

Das Verhalten der Größe der Öffnung zu der Weite des Divertikels ist sehr verschieden; zuweilen ist die Mündung weiter, zuweilen enger als das Divertikel.

Das Divertikel tritt gewöhnlich an der medialen, hinteren Seite der Pars descendens auf und liegt in Berührung mit dem Pankreaskopf, in welchen es oft eine Einbuchtung verursacht. Ein lockeres Bindegewebe ist aber immer zwischen der Divertikelwand und der Pankreaskapsel vorhanden. Ductus choledochus und Ductus pancreaticus verlaufen in der Regel hinter dem Sacke.

In der Mehrzahl der Fälle nehmen nur die Mukosa und die Submukosa an der Bildung der Divertikelwand teil, indem die Muskularis entweder plötzlich am Halse des Divertikels aufhört, oder nach und nach auf dem proximalen Teile des Sackes abnimmt.

Die Schleimhaut ist gewöhnlich ohne Falten, während die Lieberkühnschen Krypten stehen bleiben können. Brunners Drüsen kommen gewöhnlich nicht vor.

Indem sonst Divertikelbildungen als die Ursache einer Neigung zu pathologischen Prozessen angesehen zu werden pflegen, ist es sonderbar, daß nur eine kleine Zahl der in der Literatur beschriebenen Duodenaldivertikeln mit nachweisbaren Krankheitszuständen in Zusammenhang gebracht werden konnten.

Bauer[1]) hat aber 1912 2 Fälle publiziert, in welchen Duodenaldivertikel schwere Störungen der umgebenden Organe verursacht haben. In dem einen Falle preßten zwei mit halbfestem Inhalt gefüllte Divertikel das Duodenum zusammen, wodurch schwere gastrische Störungen entstanden. In dem anderen Falle war, in Zusammenhang mit einem mit fäkulenter Masse gefülltem Divertikel, ein akuter Duodenalkatarrh vorhanden, mit angeschwollener Papilla duodenalis, kleine Erweiterung der Gallengänge und Ikterus.

In zwei der drei Fälle, die Wilkie (l. c.) Gelegenheit gehabt hat selbst zu untersuchen, hat er Veränderungen gefunden, welche er mit dem Vorkommen von Duodenaldivertikeln in Zusammenhang bringt.

Bei dem einen Patienten, ein Mann von 58 Jahren, der an hämorrhagischer Pankreatitis mit Fettnekrosen starb, waren sowohl D. pancreaticus als D. choledochus erweitert ohne Zeichen von Verengung irgend eines Teiles derselben oder ihrer Mündungen. Die Gallenblase war verdickt und enthielt einige sehr kleine Steine.

Der Patient hatte einige Zeit vor der letzten Krankheit, die nur 15 Stunden dauerte, an gastrischen Beschwerden gelitten.

Der zweite Fall betrifft eine 56jährigen Frau, welche an Herzenfehler gestorben ist.

Bei dieser Frau wurden teils Geschwüre in der Curvatura minor und im Duodenum am Pylorus, teils ein Duodenaldivertikel und eine Erweiterung des D. choledochus ohne nachweisbare Verengerung bei der Sektion gefunden.

---

[1]) Wien. Klin. Wochenschrift 1912, Nr. 23, S. 879.

Wilkie nimmt die Möglichkeit an, daß durch Reizung von dem Divertikel eine Anschwellung der Papilla duodenalis stattgefunden hat, wodurch Stauung in den dort ausmündenden Gängen hervorgerufen worden ist.

Der fragliche Fall ist interessant nicht nur aus anatomischen sondern auch aus klinischen Gesichtspunkten. Er muß auch wegen seiner Bedeutung für die Röntgendiagnostik bemerkt werden.

Wie gesagt, ist kein ähnlicher Fall in der Röntgenliteratur beschrieben worden, obwohl jetzt eine ziemlich reichliche Literatur über Veränderungen im Duodenums vorliegt. Schmidt und Ohly[1]) haben einen Fall von Erweiterung des Duodenum geschildert, welche sie als eine Entwicklungsanomalie gedeutet haben, da distal von der Erweiterung keine Verengerung des Darmes nachgewiesen werden konnte.

Eine begrenzte Ausbuchtung, ein Divertikel, war aber nicht vorhanden, sondern es stellte sich die Veränderung, sowohl röntgenologisch als auch bei der chirurgischen Autopsie als eine diffuse Dilatation des Duodenums dar. Die Röntgenuntersuchung geschah nach der von David[2]) eingeführten Technik mit Ausspannung des Duodenums durch Injektion mittels einer per os ins Duodenum eingeführten Sonde.

Bei der Röntgenuntersuchung unseres Falles nahm die Patientin in 3 Portionen 450 gr eines dünnen Saftcreme mit Zusatz von 11 $^0/_0$ Toriumoxid („Aktinophor" nach Grunmach) ein, welches nach 4jähriger Erfahrung am Serafinerlazarett als ein sehr zweckmäßiges und reizloses Kontrastmittel befunden worden ist.

Gleich am Anfange der Röntgenmahlzeit konnten kleine Quantitäten bei leichtem Druck durch den Pylorus in das Duodenum hinausgepreßt werden, welches normale Breite zeigte und mit gewöhnlicher Schnelligkeit passiert wurde ohne Anhäufung des Inhaltes an irgendeiner Stelle. Nach kurzem trat eine lebhafte Magenperistaltik ein, die schnell den Inhalt des vertikalgestellten und etwas verlängerten Digestionssackes in den Dünndarm entleerte, durch welchen der Inhalt auch schnell passierte. Nur der in dem Röntgenjournale beschriebene, 10-Pfenniggroße, eben konturierte bewegliche Schatten blieb auf einer Stelle stehen, der dem unteren Teil des Duodenums entsprach. Wie auf Fig. 1 zu sehen ist, trat dieser Schatten auf, ehe der Mageninhalt sich in den Dünndarm verbreitet hatte. Der Schatten befand sich dann in einem Abstande von Pylorus, welcher dem untersten Teile des Duodenum entsprechen konnte. Da aber der Inhalt diesen Teil des Darmes in so kleinen Quantitäten auf einmal und so schnell passierte, daß der Duodenumverlauf sich nicht deutlich abzeichnete, konnte man nur konstatieren, daß die Retention in der Nähe der Flexura duodeno-jejunalis stattfand.

Da es galt die Natur der Veränderung, welche die Retention hervorrief, zu bestimmen, boten sich mehrere Möglichkeiten dar.

Die gewöhnlichste Veränderung, die im Duodenum eine auf dem Röntgenbilde fleckenförmige Retention hervorruft, ist die Ulkusnische [Cole[3]), Haudek[4])]. Möglich wäre auch das Vorkommen eines Ulkusdivertikels. Der gewöhnliche Platz dieser beiden Veränderungen ist doch näher am Pylorus. Die Anamnese sprach am meisten für ein Ulkus, aber die vollständige Abwesenheit von Druckempfindlichkeit auf dem Retentionsflecke wie die relativ große Verschiebbarkeit desselben sprach gegen eine Ulzeration und besonders gegen das Vorkommen einer Ulkusnische. Gegen das Vorkommen einer Nische mit festen Wänden sprach auch die bei verschiedenen Lagen beibehaltene, abgerundete Form und die ebene Kontur des Schattens, die eine weiche und elastische, den opaken Inhalt umschließende Wand zeigte. Ein Ulkusdivertikel von ähnlicher Art, wie von Wilkie im Bulbus duodeni beschrieben, wäre ja doch möglich, vorausgesetzt, daß eine Ulkusnarbe zu der Ausbuchtung

---

1) Münch. Med. Wochenschr. 1914, Nr. 23, S. 1278.
2) Fortschr. a. d. Geb. d. R.-Strahlen 1914, Bd. XXII, S. 208.
3) Journal of Amer. Med. Assoc. Chicago 1912, p. 1947.
4) Med. Klin. 1912, H. 5, 6.

Divertikel gegen die Basis schmaler wurde und mit einer ungefähr kleinfingerbreiten Öffnung in dem medialen Rande der Pars descendens duodeni hinausmündete. Das Divertikel wurde entfernt, und die Öffnung in der Duodenalwand auf gewöhnliche Weise suturiert. Heilung pp. Der Verlauf nach der Operation ohne Besonderheit.

29. V. Röntgenuntersuchung (Forssell): „Die Patientin wurde 20 Min. nach Einnehmen von 300 gr Saftbrei mit 50 gr Toriumoxyd, „Aktinophor“, untersucht. Der meiste Mageninhalt war dann schon in den Dünndarm hinauspassiert. Die untere Magengrenze stand (in stehender Stellung) unten beim kleinen Becken. Keine Retention im Duodenum konnte bei der Durchleuchtung entdeckt werden, weder in stehender noch in liegender Stellung. Nach 4 Stunden keine Retention im Magen oder im Duodenum; die Radiogramme stimmen mit der Durchleuchtung überein.“

30. V. Die Patientin, welche nach der Operation symptomenfrei gewesen ist, wird heute gesund geschrieben.

Das Präparat ist von Herrn Professor Ulrik Quensel in Upsala untersucht worden, der folgende Beschreibung gegeben hat: „Das exstirpierte Divertikel ist sehr dünnwandig; nur bei der Mündung desselben in dem Darme hat die Wand auf einer Stecke von ein paar Millimetern die Dicke einer gewöhnlichen Darmwand. An dieser Stelle zeigt sich bei der mikroskopischen Untersuchung, daß die Wand aus den normalen Schichten der Darmwand zusammengesetzt ist, an den übrigen Stellen besteht sie dagegen nur aus Schleimhaut und Submukosa. Die Drüsenlage der Schleimhaut hat normales Aussehen, Muscularis mucosae ebenso. Die Schicht der Submukosa, welche nach außen die Wand des Divertikels begrenzt, ist von wechselnder Dicke, etwas breiter an der Basis als an der Spitze des Divertikels; an einer Stelle ist eine Gruppe von Brunnerschen Drüsen beobachtet worden. Im übrigen besteht die Submukosaschicht aus lockerem Bindegewebe, in welchem blutgefüllte Gefäße zu sehen sind.

Die Bildung ist also nach anatomischem Gesichtspunkt ein sogenanntes falsches Divertikel.“

Inwiefern die Magenbeschwerden, woran die Patientin vor der Operation gelitten hat, von dem Divertikel des Duodenums abhängig waren, ist nicht leicht sicher zu entscheiden. Die Patientin ist indessen nach der Operation symptomenfrei gewesen. Letztes Mal wurde sie den 30. Nov. 1915 beobachtet. Die Magenbeschwerden, welche sie vor der Operation quälten, haben danach ganz aufgehört. Es ist also wahrscheinlich, daß die Magenbeschwerden tatsächlich von dem Divertikel verursacht waren. Die Unannehmlichkeiten vor der Operation stimmten am meisten mit denen eines Ulkus überein. Kein Zeichen eines Magen- oder Duodenalulkus wurde bei der Operation gefunden, dagegen wurde eine allgemeine Enteroptose konstatiert. Gegen die Wahrscheinlichkeit, daß diese die Ursache der Schmerzen sein sollte spricht, daß die Schmerzen nicht von der Größe der Mahlzeiten abhängig waren und am meisten des Nachts auftraten, sowie das vollständige Entleerung des Magens in normaler Zeit stattfand. Die Beschwerden, welche gewöhnlich auf die Enteroptose bezogen werden, sind ja am größten, wenn der Patient auf ist, und werden geringer und verschwinden, wenn der Patient zu Bett ist. Möglicherweise hat eine Stagnation von Mageninhalt in dem Divertikel die Beschwerden hervorgerufen. Vielleicht ist auch das Divertikel entzündet gewesen. Hierfür sprechen gewissermaßen die dünnen Adhärenzen, welche das Divertikel abgaben.

M. Roth[1]), der 1872 eine Arbeit über Divertikelbildung im Duodenum herausgab, bezeichnet diese Bildung als „eine ziemlich gewöhnliche Anomalie“. Er referiert aus der Literatur 7 Fälle und teilt 5 eigene Beobachtungen mit.

Wilkie[2]) hat 1913 nur 68 Fälle von Duodenaldivertikel in der Literatur finden können und beschreibt 5 neue Fälle. Auch Wilkie meint, daß diese Bildungen, „obwohl nicht gewöhnlich, doch nicht als anatomische Raritäten zu betrachten sind“; sie können aber sehr leicht übersehen werden, wenn man nicht die Aufmerksamkeit besonders auf sie richtet.

Dies gilt von sogenannten falschen Divertikeln am Duodenum, d. h. Divertikel, welche die Muskelschicht des Darmes vermissen lassen.

In einer Sammelstatistik von Lamb[3]) über „echte“ Divertikel am Darme, d. h. über

[1]) Virchows Arch. f. Pat. Anat. u. Physiol. Bd. 65, S. 197.

[2]) The Edinburgh Medical Journal. Sept. 1913.

[3]) Journal of the Amer. Med. Assoc. 1893. Cit. in Wilms „Der Ileus“. Deutsche Chir. Lief. 46, S. 443.

solche Divertikel, die ein vollständiges Ausstülpen der Darmwand zeigen und die sämtliche Schichten der Darmwand enthalten, sind nur 7 Fälle solcher Bildungen am Duodenum gefunden worden, 14 aber am Jejunum und 160 am Ileum. Die vollständigen, „echten" Duodenaldivertikel scheinen also eine ziemlich große Seltenheit zu sein.

Außer für die „Meckelschen" Divertikel, welche, wie bekannt, die Reste eines nicht zurückgebildeten Ductus omphalomesentericus sind, kann kein einheitlicher Ursprung aufgewiesen werden, weder für die vollständigen, „echten", noch für die unvollständigen, „falschen" Darmdivertikel.

Wie v. Hansemann[1]) hervorhebt, fällt der Begriff erworbene Divertikel nicht mit dem Begriffe „falsche" Divertikel zusammen, da auch erworbene Divertikel durch Ausbuchtung von allen Schichten der Darmwand gebildet sein können und also „echte" Divertikel sind.

Wilkie (l. c.) hat anderseits betreffs der Duodenaldivertikel, wie es scheint, überzeugend gezeigt, daß auch unvollständige, „falsche" Divertikel einen kongenitalen Ursprung haben können und also Entwickelungsanomalien sein können.

Als Ursache der erworbenen Divertikelbildungen sind verschiedene Momente angeführt worden, wie Narbenbildung im Peritoneum [Birch-Hirschfeld[2])], Geschwulstbildung in der Darmwand [Angiome, Myome, v. Hansemann l. c., Hirschel[3])], Schleimhautbruch in die Venenscheiden hinein bei senilem Marasmus oder Kachexie (v. Hansemann l. c.), einseitige Erweiterung oberhalb einer Verengung des Darmlumens [Morgani[4])] oder Gallensteine im Darme [v. Ziemßen[5])]. Schließlich müssen die von Wilkie besonders hervorgehobenen Ulkusdivertikel erwähnt werden, welche in der Regel an der Decke des Bulbus Duodeni vorkommen und durch Ausbuchtung einer Ulkusnarbe entstehen. Ihre Wand wird hauptsächlich aus Narbengewebe gebildet.

Traktion der Darmwand bei Atrophie des Pankreas, die einige Verfasser als die Ursache der Divertikelbildung am Duodenum anführen, wird von Wilkie (l. c.) als divertikelbildendes Moment zurückgewiesen; ebenso die von Fleischmann angenommene Schwächung der Darmwand bei dem Eintritt des Gallen-Pankreasganges durch die Darmmuskulatur.

Ein Nebenpankreas ist mehrmals [Neumann[6]), Nauwerk[7])] in dem submukösen Gewebe der Darmdivertikel gefunden worden, und ist als die Ursache zu sekundärer Divertikelbildung durch Traktion (v. Hansemann l. c.) gedeutet worden.

Es kommt wahrscheinlich vor, daß die beiden auf einmal auftretenden Anomalien den Ausdruck einer Entwicklungsstörung ausmachen.

Daß ein Nebenpankreas eine mechanische Ursache zur Divertikelbildung sein sollte, ist um so weniger wahrscheinlich, als ein solches Nebenpankreas auch bei typischen Meckel'schen Divertikeln [Zenker[8]), Quensel[9])] gefunden worden ist.

Wilkie (l. c.) gibt eine Zusammenfassung von den in der Literatur vorkommenden Beschreibungen von Duodenaldivertikeln.

In den meisten Fällen sind Duodenaldivertikel bei älteren Personen gefunden worden. In 83 % der beobachteten Fälle waren die Patienten über 50 Jahre alt.

Pars descendens duodeni war meistens der Sitz der Veränderung. In 44 von Buschi[10])

[1]) Virchows Arch. Bd. 144, 1896, S. 400.
[2]) Lehrbuch. 4. Aufl. 1895, S. 656.
[3]) Virchows Arch. Bd. 177, 1904, S. 167.
[4]) Cit. bei Edel. Virch. Arch. Bd. 138, 1894, S. 352.
[5]) Spec. Pathol. u. Therapie. 2. Aufl. Bd. 7. II. S. 445 Anm. Cit. bei Edel. S. 352.
[6]) Arch. für Heilkunde 1870, S. 200.
[7]) Zieglers Beiträge Bd. XII, 1893, S. 28.
[8]) Virchows Arch. Bd. XXI, S. 186.
[9]) Nord. Med. Arkiv 1898, Bd. 31.
[10]) Ref. von Wilkie.

untersuchten Fällen befand sich die Divertikelbildung 6 mal in der Pars superior duodeni, 33 mal in der Pars descendens und in der Pars inferior 3 mal, während in 2 Fällen Divertikel sowohl in der Pars superior als in der Pars descendens gefunden worden sind. Innerhalb der Pars descendens macht die Umgebung der Papilla duodenalis (Vateri) die Prädilektionsstelle der Divertikelbildung aus, welches französischen Verfassern Anlaß gegeben hat zu der Benennung „Diverticules périvateriens".

In der Regel kommt nur ein Divertikel vor, doch sind 4 bis 5 Divertikeln in demselben Falle beobachtet worden.

Zuweilen sind symmetrische Divertikel gefunden worden, eins auf jeder Seite der Papilla duodenalis.

Die Größe der Divertikelbildung variiert innerhalb weiter Grenzen: von Hanfsamen- bis Hühnereigröße.

Die Form ist gewöhnlich sphärisch, doch nicht selten ovoid oder einem Handschuhfinger ähnlich, wie in dem von uns beobachteten Falle.

Das Verhalten der Größe der Öffnung zu der Weite des Divertikels ist sehr verschieden; zuweilen ist die Mündung weiter, zuweilen enger als das Divertikel.

Das Divertikel tritt gewöhnlich an der medialen, hinteren Seite der Pars descendens auf und liegt in Berührung mit dem Pankreaskopf, in welchen es oft eine Einbuchtung verursacht. Ein lockeres Bindegewebe ist aber immer zwischen der Divertikelwand und der Pankreaskapsel vorhanden. Ductus choledochus und Ductus pancreaticus verlaufen in der Regel hinter dem Sacke.

In der Mehrzahl der Fälle nehmen nur die Mukosa und die Submukosa an der Bildung der Divertikelwand teil, indem die Muskularis entweder plötzlich am Halse des Divertikels aufhört, oder nach und nach auf dem proximalen Teile des Sackes abnimmt.

Die Schleimhaut ist gewöhnlich ohne Falten, während die Lieberkühnschen Krypten stehen bleiben können. Brunners Drüsen kommen gewöhnlich nicht vor.

Indem sonst Divertikelbildungen als die Ursache einer Neigung zu pathologischen Prozessen angesehen zu werden pflegen, ist es sonderbar, daß nur eine kleine Zahl der in der Literatur beschriebenen Duodenaldivertikeln mit nachweisbaren Krankheitszuständen in Zusammenhang gebracht werden konnten.

Bauer[1]) hat aber 1912 2 Fälle publiziert, in welchen Duodenaldivertikel schwere Störungen der umgebenden Organe verursacht haben. In dem einen Falle preßten zwei mit halbfestem Inhalt gefüllte Divertikel das Duodenum zusammen, wodurch schwere gastrische Störungen entstanden. In dem anderen Falle war, in Zusammenhang mit einem mit fäkulenter Masse gefülltem Divertikel, ein akuter Duodenalkatarrh vorhanden, mit angeschwollener Papilla duodenalis, kleine Erweiterung der Gallengänge und Ikterus.

In zwei der drei Fälle, die Wilkie (l. c.) Gelegenheit gehabt hat selbst zu untersuchen, hat er Veränderungen gefunden, welche er mit dem Vorkommen von Duodenaldivertikeln in Zusammenhang bringt.

Bei dem einen Patienten, ein Mann von 58 Jahren, der an hämorrhagischer Pankreatitis mit Fettnekrosen starb, waren sowohl D. pancreaticus als D. choledochus erweitert ohne Zeichen von Verengung irgend eines Teiles derselben oder ihrer Mündungen. Die Gallenblase war verdickt und enthielt einige sehr kleine Steine.

Der Patient hatte einige Zeit vor der letzten Krankheit, die nur 15 Stunden dauerte, an gastrischen Beschwerden gelitten.

Der zweite Fall betrifft eine 56jährigen Frau, welche an Herzenfehler gestorben ist.

Bei dieser Frau wurden teils Geschwüre in der Curvatura minor und im Duodenum am Pylorus, teils ein Duodenaldivertikel und eine Erweiterung des D. choledochus ohne nachweisbare Verengerung bei der Sektion gefunden.

---

[1]) Wien. Klin. Wochenschrift 1912, Nr. 23, S. 879.

Wilkie nimmt die Möglichkeit an, daß durch Reizung von dem Divertikel eine Anschwellung der Papilla duodenalis stattgefunden hat, wodurch Stauung in den dort ausmündenden Gängen hervorgerufen worden ist.

Der fragliche Fall ist interessant nicht nur aus anatomischen sondern auch aus klinischen Gesichtspunkten. Er muß auch wegen seiner Bedeutung für die Röntgendiagnostik bemerkt werden.

Wie gesagt, ist kein ähnlicher Fall in der Röntgenliteratur beschrieben worden, obwohl jetzt eine ziemlich reichliche Literatur über Veränderungen im Duodenums vorliegt. Schmidt und Ohly[1]) haben einen Fall von Erweiterung des Duodenum geschildert, welche sie als eine Entwicklungsanomalie gedeutet haben, da distal von der Erweiterung keine Verengerung des Darmes nachgewiesen werden konnte.

Eine begrenzte Ausbuchtung, ein Divertikel, war aber nicht vorhanden, sondern es stellte sich die Veränderung, sowohl röntgenologisch als auch bei der chirurgischen Autopsie als eine diffuse Dilatation des Duodenums dar. Die Röntgenuntersuchung geschah nach der von David[2]) eingeführten Technik mit Ausspannung des Duodenums durch Injektion mittels einer per os ins Duodenum eingeführten Sonde.

Bei der Röntgenuntersuchung unseres Falles nahm die Patientin in 3 Portionen 450 gr eines dünnen Saftcreme mit Zusatz von 11 $^0/_0$ Toriumoxid („Aktinophor" nach Grunmach) ein, welches nach 4jähriger Erfahrung am Serafinerlazarett als ein sehr zweckmäßiges und reizloses Kontrastmittel befunden worden ist.

Gleich am Anfange der Röntgenmahlzeit konnten kleine Quantitäten bei leichtem Druck durch den Pylorus in das Duodenum hinausgepreßt werden, welches normale Breite zeigte und mit gewöhnlicher Schnelligkeit passiert wurde ohne Anhäufung des Inhaltes an irgendeiner Stelle. Nach kurzem trat eine lebhafte Magenperistaltik ein, die schnell den Inhalt des vertikalgestellten und etwas verlängerten Digestionssackes in den Dünndarm entleerte, durch welchen der Inhalt auch schnell passierte. Nur der in dem Röntgenjournale beschriebene, 10-Pfenniggroße, eben konturierte bewegliche Schatten blieb auf einer Stelle stehen, der dem unteren Teil des Duodenums entsprach. Wie auf Fig. 1 zu sehen ist, trat dieser Schatten auf, ehe der Mageninhalt sich in den Dünndarm verbreitet hatte. Der Schatten befand sich dann in einem Abstande von Pylorus, welcher dem untersten Teile des Duodenum entsprechen konnte. Da aber der Inhalt diesen Teil des Darmes in so kleinen Quantitäten auf einmal und so schnell passierte, daß der Duodenumverlauf sich nicht deutlich abzeichnete, konnte man nur konstatieren, daß die Retention in der Nähe der Flexura duodeno-jejunalis stattfand.

Da es galt die Natur der Veränderung, welche die Retention hervorrief, zu bestimmen, boten sich mehrere Möglichkeiten dar.

Die gewöhnlichste Veränderung, die im Duodenum eine auf dem Röntgenbilde fleckenförmige Retention hervorruft, ist die Ulkusnische [Cole[3]), Haudek[4])]. Möglich wäre auch das Vorkommen eines Ulkusdivertikels. Der gewöhnliche Platz dieser beiden Veränderungen ist doch näher am Pylorus. Die Anamnese sprach am meisten für ein Ulkus, aber die vollständige Abwesenheit von Druckempfindlichkeit auf dem Retentionsflecke wie die relativ große Verschiebbarkeit desselben sprach gegen eine Ulzeration und besonders gegen das Vorkommen einer Ulkusnische. Gegen das Vorkommen einer Nische mit festen Wänden sprach auch die bei verschiedenen Lagen beibehaltene, abgerundete Form und die ebene Kontur des Schattens, die eine weiche und elastische, den opaken Inhalt umschließende Wand zeigte. Ein Ulkusdivertikel von ähnlicher Art, wie von Wilkie im Bulbus duodeni beschrieben, wäre ja doch möglich, vorausgesetzt, daß eine Ulkusnarbe zu der Ausbuchtung

---

[1]) Münch. Med. Wochenschr. 1914, Nr. 23, S. 1278.

[2]) Fortschr. a. d. Geb. d. R.-Strahlen 1914, Bd. XXII, S. 208.

[3]) Journal of Amer. Med. Assoc. Chicago 1912, p. 1947.

[4]) Med. Klin. 1912, H. 5, 6.

der Darmwand Anlaß gegeben hätte. Die große Beweglichkeit wäre doch auch in diesem Falle schwer zu erklären.

Die ebene Kontur sprach auch gegen eine Ulzeration innerhalb eines Tumors. Dagegen sprach auch, daß nicht die geringste Resistens auf der fraglichen Stelle palpabel war, trotz der sehr schlaffen, weichen und dünnen Bauchwand.

Eine Taschenbildung oberhalb einer Narbenstriktur wäre ja denkbar, doch sprach die große Beweglichkeit gegen eine Narbenbildung und gegen eine Striktur die Abwesenheit der gewöhnlichen Zeichen einer erschwerten Passage: proximale Erweiterung des Darmlumens und verstärkte Peristaltik. Doch ist bei Abwesenheit dieser Symptome nicht mit Sicherheit eine lokale Verkleinerung des Lumens auszuschließen. Einer von uns hat die Gelegenheit gehabt, einen Fall von Tumorstriktur an der Flexura sigmoidea zu beobachten, in welchem gar keine Anhäufung von Darminhalt oberhalb der Striktur vorkam. Anhäufung an dem Tumor wurde so von dem Darme vermieden, daß die Passage des Inhaltes an der Verengung vorüber langsam in kleinen Portionen vor sich ging, während Darminhalt in entfernten Teilen des Darmes, nämlich im Coecum und im Colon descendens, retiniert wurde. In unserem Falle war doch keine verzögerte Entleerung des Magens vorhanden, sondern im Gegenteil eine deutlich gesteigerte Entleerungsgeschwindigkeit. Wir haben also keine Haltepunkte für einen von einer Striktur bedingten Rezessus. Eine Retention innerhalb eines nicht erweiterten Darmlumens oberhalb einer ringförmigen Kontraktion der Darmwand ohne organische Veränderung kann röntgenologisch ein momentanes Bild von demselben Aussehen wie dem fraglichen geben, was wir in einem Falle beobachtet haben. Gegen ein solches Verhältnis spricht aber der ganze beobachtete Verlauf bei der Röntgenuntersuchung.

Die Veränderung, die am besten die bei der Röntgenuntersuchung beobachteten Phänomene erklären konnte, war ein Divertikel des Duodenums.

Ein Divertikel, in dessen Boden die Retention stattgefunden hat, konnte die leichte Verschiebbarkeit des Schattens ringsum einen relativ festen Punkt rechts von dem Nabel erklären. Der Schatten konnte bei dem leichtesten Druck, ohne der Patientin Unbehaglichkeiten zu bereiten, ringsum diesen Punkt über ein Gebiet von ungefähr 6 cm Breite verschoben werden. Siehe Fig. 7, die eine orthodiagraphische Zeichnung des Divertikelschattens in verschiedenen Lagen zeigt. Ein Divertikel von 3 bis 4 cm Länge konnte dieses Phänomen erklären. Eine solche Bildung konnte auch die übrigen Symptome erklären: die Abwesenheit von Druckempfindlichkeit, die Abwesenheit von Stenosensymptomen, die ebene und gerundete Kontur; die lange dauernde Retention. Möglicherweise würden auch die Symptome der Patientin durch diese Veränderung erklärt.

Trotz der relativ großen Seltenheit der Duodenaldivertikel, wagte man die Wahrscheinlichkeitsdiagnose eines Divertikel in der Nähe der Flexura duodeno-jejunalis zu stellen, doch mit Reservation für die Möglichkeit eines ulzerösen Prozesses als die Ursache der Rezeßbildung.

Die Operation bestätigte das Resultat der Röntgenuntersuchung durch den Fund eines fingerförmigen Divertikels, ungefähr 3,5 cm lang. Die Röntgenuntersuchung konnte nicht exakt den Ausgangspunkt des Divertikels am Duodenum bestimmen, welcher als der bei dem Divertikeln gewöhnlichste an der Pars descendens duodeni gefunden wurde. Die Beweglichkeit des Schattens wurde nicht nur durch die Länge des Divertikels und dessen Beweglichkeit gegen die Unterlage erklärt, sondern auch durch eine ungewöhnliche Beweglichkeit des Duodenums selbst.

Die bei der Röntgenuntersuchung konstatierte mäßige Verlängerung der Höhe des Digestionssackes und die Vertikalstellung desselben mit entsprechender Senkung des unteren Magenpoles wird ungesucht durch Anpassung zu der bei der Operation gefundenen allgemeinen Enteroptose und der geschwächten Bauchwand erklärt. Die Entleerung des Magens war offenbar durch die Stellung desselben nicht erschwert. Die anatomische Form oder Lage des Magens

gab keinen Anlaß zu der Diagnose eines pathologischen Zustandes. Betreffs dieser Fragen wird auf Forssells Beobachtungen über die Röntgenanatomie des Magens hingewiesen.[1][2])

Bei der röntgenologischen Untersuchung der fraglichen Veränderung des Duodenums, wie überhaupt bei den schweren Untersuchungen des Duodenums, spielt unzweifelhaft die Technik eine große Rolle.

Bei dem Lokalisieren des hier fraglichen Divertikels war es entscheidend, daß es gelang das Phänomen zu beobachten und auf der Platte zu fixieren (Fig. 1), daß ferner die Ansammlung in dem Divertikel unmittelbar bei der Passage des Inhaltes durch das Duodenum, und ehe der Mageninhalt sich weiter in den Dünndarm hinunter verbreitet hatte, stattfand. Wäre dies Phänomen nicht beobachtet worden, dann wäre später der wichtige Schatten leicht übersehen worden, da momentan oft solche Anhäufungen bei der Passage durch den Dünndarm gebildet werden.

Betreffs der Untersuchung des Duodenums nach Einnehmen von Bi-Wasseraufschwemmung nach Holzknecht[3]) oder dünner Toriumsaftcreme, muß ich besonders betonen, daß man am öftesten das Duodenum viel besser in Rückenlage sieht, wenn der Magen sich nach oben zieht, und der Quermagen sich zugleich in der Regel stark kontrahiert, wodurch er das Duodenum weniger deckt, als in stehender Stellung. Auch eine Untersuchung in Bauchlage gibt oft gute Aufklärung, da das Duodenum sich in dieser Lage langsamer als in stehender Stellung zu entleeren pflegt. Die Photographie in Bauchlage soll am besten mit der Platte unter dem Patienten und dorsoventraler Strahlenrichtung genommen werden, und nicht mit Anwenden der bei der Durchleuchtung in Bauchlage benutzten ventrodorsalen Strahlenrichtung, weil ein schärferes und weniger vergrößertes Bild des Duodenums erhalten wird, wenn die Platte gegen die Bauchhaut liegt. Wie große Bedeutung man auch bei der Untersuchung des Digestionskanales der Durchleuchtung zumessen will, so kann doch der Wert der objektiven Dokumente, die technisch gelungene Platten darstellen, nicht hoch genug geschätzt werden. Natürlich gewinnen die Platten erst gegen den Hintergrund der Durchleuchtungsresultate ihren vollen Wert.

Für die Durchleuchtung wurde bei stehender Stellung Forssells Durchleuchtungsrahmen[4]) und bei den horizontalen Lagen das von ihm angegebene Trochoskop[4]) benutzt.

Durch Gebrauch des mit dem Trochoskop kombinierten Orthodiagraphie-Apparates (l. c.) wurde es möglich, den Grad und die Art der Verschiebbarkeit des Divertikelschattens genau zu bestimmen.

Es ist möglich, daß durch Anwendung von Davids Sondeuntersuchungsmethode der Ausgangspunkt des Divertikels am Duodenum hätte besser beurteilt werden können, doch ist es keineswegs sicher, da auch bei dieser Methode oft eine sehr schnelle Entleerung des unteren Teiles des Duodenums beobachtet wird.

Das Studium des vorliegenden Falles und der hergehörigen pathologisch-anatomischen Literatur dürfte einige Haltepunkte für die Röntgendiagnostik der Duodenaldivertikel geben.

Die vollständigen, „echten“, und die unvollständigen, „falschen“, Divertikel am Duodenum scheinen ihren allgemeinen Form- und Lageverhältnissen nach so miteinander übereinzustimmen, daß sie aus röntgendiagnostischem Gesichtspunkt kaum voneinander zu trennen sind. Es gilt also einer Erscheinung, die nicht seltener ist, als daß sie mit Hinsicht zu der immer

---

[1]) Über die Beziehung der Röntgenbilder des menschlichen Magens zu seinem anatomischen Bau. Lucas Gräfe & Sillem. Hamburg 1912. Kap. XI, S. 224—258.

[2]) Verhandl. am 8. Nord. Kongr. für innere Medizin in Lund 1913, S. 452—57.

[3]) Zentralblatt für Physiologie 1909, S. 974.

[4]) Über die Beziehung der Röntgenbilder des menschlichen Magens zu seinem anatomischen Bau. Lucas Gräfe & Sillem. Hamburg 1913. S. 94—99.

steigenden Frequenz von Röntgenuntersuchungen des Digestionskanales unter den diagnostischen Möglichkeiten berücksichtigt werden muß. Nur solche Divertikel, die eine wirkliche Tasche bilden, können bei der Röntgenuntersuchung mit Sicherheit diagnostiziert werden.

Innerhalb der Pars superior Duodeni müssen wir an die bekannten Rezessus erinnern, welche normal zwischen den Wänden des Bulbus duodeni und der zapfenförmigen Ausbuchtung der Valvula pylori in das Duodenum vorkommen und welche auf dem Röntgenbilde dem proximalen Ende des Bulbus duodeni seine „Hauben"form geben.

In dem Boden des Bulbus duodeni muß an die „echte" Ausbuchtung erinnert werden, die von Wilkie beschrieben worden ist. Die Decke des Bulbus ist der typische Sitz des „Ulkusdivertikels" und außerdem ist ja der Bulbus duodeni der gewöhnlichste Platz der gekannten „Ulkusnische".

Es ist wohl kaum möglich mit Sicherheit ein anderes Divertikel von einem Ulkusdivertikel zu unterscheiden. Eine größere Verschiebbarkeit und eventuelle Abwesenheit von Druckempfindlichkeit sollte dann, außer der Lage, gewissermaßen dazu Anlaß geben können, ein Divertikel ohne Ulkusätiologie zu vermuten.

Für die Nischenbildung mit fester Wand spricht das Vorkommen der Haudekschen Luftschicht, fixierte Lage und Druckempfindlichkeit.

Diffuse Dilatation des Duodenums oberhalb einer Striktur dürfte wohl wegen des typischen Röntgencharakters dieser Veränderung von einer Divertikelbildung unterschieden werden.

Bei Retention eines Teiles der Röntgenmahlzeit innerhalb der beiden unteren Teile des Duodenums (Pars descendens und Pars inferior) kann die Diagnose einer Divertikelbildung mit größter Wahrscheinlichkeit gestellt werden, wenn folgende Symptome vorhanden sind:

1. Ein fleckenförmiger Schatten mit ganz oder teilweise gerundeter Kontur tritt in der Nähe oder innerhalb des Gebietes des Duodenums auf.

2. Dieser Schatten bleibt, nach der Passage der übrigen Röntgenmahlzeit durch den Dünndarm, stehen, auch nachdem gewöhnliche Speise passiert hat, z. B. einen Tag nach der Röntgenmahlzeit.

3. Er ist innerhalb eines kleineren Umkreises gegen die hintere Bauchwand verschiebbar.

4. Das für die Diagnose von Ösophagusdivertikeln zum Unterschied von Dilatationen angegebene Kennzeichen, nämlich Passage des Inhaltes in dem Lumen an der Seite des Divertikelschattens, ist nur dann brauchbar, wenn das Duodenum so gefüllt wird, daß die Konturen desselben deutlich hervortreten. In diesem Falle dürfte wohl in der Regel das Beobachten der Passage des Inhaltes an einem Duodenaldivertikel vorüber leichter sein als bei einem Ösophagusdivertikel, weil die Lage der Duodenaldivertikel in der Regel medial ist.

5. Ist dazu keine Druckempfindlichkeit vorhanden, und

6. wenn die Passage des Duodenuminhaltes ohne Striktursymptome geschieht, so ist die Diagnose eines Divertikels wahrscheinlich gesichert.

Die beiden letzteren Symptome können doch durch entzündliche Reizung oder stärkere Ausfüllung des Divertikels in entgegengesetzter Richtung ausfallen, wodurch Druckempfindlichkeit und Stenossymptome durch das Divertikel hervorgerufen werden dürften.

Die röntgenologische Differentialdiagnose, einem strikturierenden Prozesse entzündlicher Natur oder einer Geschwulstbildung in der Darmwand gegenüber, wird dann bedeutend schwerer, wenn nicht gleichzeitig das bei dem vierten Moment angegebene Symptom deutlich hervortritt.

Betreffs der praktischen Bedeutung der röntgenologischen Diagnose eines Duodenaldivertikels, ist es zwar so, daß die meisten bei Leichenöffnungen gefundenen Duodenaldivertikel dem Patienten keine bei der Sektion nachweisbaren Ungelegenheiten bereitet haben, aber anderseits kann eine Divertikelbildung am Duodenum schwere und lebensgefährliche Beschwerden verursachen.

Weiter muß beachtet werden, daß die Voraussetzung für das Hervortreten eines Divertikels am Duodenum bei der Röntgenuntersuchung ist, daß Darminhalt in das Divertikel hineindrängt und dort retiniert wird.

Unter solchen Bedingungen sind drohende Möglichkeiten zu pathologischen Prozessen vorhanden, sowohl in dem Divertikel selbst wie in umgebenden empfindlichen Organen. Dies ist besonders der Fall, wenn eine lange Retention stattfindet, wie in unserem Falle von mehr als 4 Tagen.

Ein durch Röntgenuntersuchung diagnostizierbares Duodenaldivertikel dürfte in der Regel eine Indikation zu chirurgischem Eingreifen sein.

Aus der Röntgenabteilung des Marinelazaretts Hamburg.

Über Knochenregeneration.[1])

Von

Marine-Stabsarzt d. R. Dr. **Zehbe**, Leiter der Abteilung.

(Hierzu Tafel IV, Fig. 1—9.)

In einer Reihe von Fällen, im ganzen 14, hatte ich Gelegenheit, die Vorgänge zu beobachten, die sich nach der subperiostalen Entnahme eines Röhrenknochens abspielen.

Zwecks Bolzung von schlecht geheilten Frakturen war den Patienten ein Stück der Fibula, etwa ein Drittel, subperiostal reseziert worden. Bei den in gewissen Abständen regelmäßig erfolgenden Untersuchungen der Fortschritte, die der Ersatz des resezierten Stückes machte, konnte zunächst festgestellt werden, daß die Wiederherstellung des Knochens bei den verschiedenen Personen sehr verschieden rasch vor sich ging. So stellt z. B. Platte 1 die Verhältnisse 26 Wochen nach der Operation, Platte 2 34 Wochen danach vor. Vergleicht man damit Platte 3 von einem zweiten Patient, die 7 Wochen p. o. und Platte 4, die 25 Wochen danach aufgenommen wurde, so geht daraus hervor, wie groß die Unterschiede sein können. Im allgemeinen geht anscheinend die Regeneration anfangs ziemlich rasch vor sich, um sich später langsamer zu entwickeln. Ob das Alter bei der verschieden schnellen Wiederherstellung eine Rolle spielt, konnte nicht ganz sicher festgestellt werden.

Schwankt also die Zeitdauer des Regenerationsvorganges individuell ziemlich erheblich, so hat sich mir die Art, wie der Ersatz vor sich geht, in sämtlichen Fällen so gleichmäßig dargestellt, daß ich glaube, von einer Gesetzmäßigkeit sprechen zu können. Die Aufnahmen von 6 Fällen, die ich beifüge, werden das am besten zeigen.

1) Tafel IV, Fig. 1 und 2, 27jähriger Mann, aufgenommen 26 und 34 Wochen nach Resektion. Auf Figur 1 ist die Regeneration äußerst geringfügig, eben nur angedeutet, und zwar nur am proximalen Operationsstumpf, während sie am distalen völlig fehlt. Auch am proximalen Stumpf ist sie nicht gleichmäßig entwickelt, sondern sie ist am weitesten an der medialen Seite längs der Medialfläche des Periostschlauches vorgeschritten, wo der Kallus als feiner fadenförmiger Streifen sichtbar ist.

12 Wochen später (34 Wochen nach der Operation) liegen die Verhältnisse ganz wie oben, nur daß (Fig. 2) der zarte Schatten des intraperiostalen Kallus sich, und zwar wieder vor allem an der medialen Seite, distalwärts vorgeschoben hat; er ist hier, längs des Spatium interosseum, als feinster strichförmiger Schatten bis in das untere Drittel des Defektes sichtbar, während die laterale Fläche des Periostschlauches erst die allerfeinsten, kaum sichtbaren Kallusspuren aufweist. Der distale Fibulastumpf ist noch ebenso frei von jeder Schattenbildung wie bei der ersten Aufnahme.

---

[1]) Nach einem im Marineärztlichen Verein am 2. VII. 1915 gehaltenen Vortrage.

2) 24 jähriger Mann. Fig. 3 (7 Wochen p. o.); zarter Schatten innerhalb des Periostschlauches an der Medialfläche nur vom proximalen Stumpf ausgehend, am distalen kaum angedeutet.

12 Wochen später ist die Regeneration schon erheblich fortgeschritten (Fig. 4). Der vom proximalen Stumpf ausgehende Kallus hat etwa die Hälfte des Defektes ersetzt, seine Gestalt ist die eines langschenkeligen Dreiecks, dessen Spitze an der dem Spatium interosseum anliegenden Fläche des Periostes liegt; d. h. der Periostschlauch ist von oben her wiederum nicht gleichmäßig, sondern je weiter distalwärts, um so mehr nur medial von Kallus ausgefüllt. Die Betrachtung des distalen Fibulastumpfes zeigt, daß auch hier eine, wenn auch nur sehr geringe Kallusentwicklung stattgefunden hat: ein kleiner Schatten strebt von der Resektionsfläche dem viel stärker entwickelten proximalen Kallus entgegen. Aber auch hier, distal, ist nicht zu verkennen, daß die Regeneration an der Medialseite rascher vorwärts schreitet als an der lateralen; auch der distale Kallus verjüngt sich, mit seiner Spitze dem medialen Periostrand anliegend, also an ihr sich entwickelnd.

3) Fig. 5. 24 jähriger Mann. 6 Wochen p. o. Nur proximal feiner Schatten, der sich ziemlich gleichmäßig nach unten verliert. Distal keinerlei Kallusansatz.

10 Wochen p. o. ist die proximale Regeneration etwas fortgeschritten, an der medialen Fläche eine Spur stärker als lateral; distal hat sich, und zwar nur an der medialen Seite ein ganz flacher Kallusansatz gebildet (Fig. 6).

4) Fig. 7. 37 jähriger Mann, 12 Wochen nach der Operation. Vom proximalen Stumpf reicht, nur an der medialen Seite des Periostschlauches, ein bandförmiger Schatten distalwärts, der fast $^3/_4$ des Operationsdefektes ausgefüllt hat. Distal völliges Fehlen von Kallus.

5) Fig. 8. 22 jähriger Mann, 19 Wochen p. o. Der keilförmige proximale Schatten hat etwa die Mitte des Operationsdefektes mit seiner medial fortschreitenden Spitze erreicht; ihm strebt, von einer kleinen bei der Operation abgebrochenen Knochenzacke aus ein ebenfalls medial fortschreitender distaler Kallus entgegen.

Den oben geschilderten Verhältnissen waren die aller anderen von mir untersuchten Fälle, ohne jede Ausnahme, völlig gleich. Es geht daraus hervor, daß der Ersatz des resezierten Knochenstückes nicht gleichmäßig geschieht, sondern daß er stets am proximalen Stumpfe anfängt und vom proximalen Stumpfe aus sich auch weiter fortsetzt. Am distalen Stumpf ist die Regenerationstendenz eine sehr geringe; wenn man die Länge des proximalen Kallus mit der des distalen vergleichen will, so kommt man ungefähr auf das Verhältnis 4 : 1.

Ebenso regelmäßig geht die hauptsächliche Entwicklung des Kallus an der medialen Seite des Periostschlauches vor sich. Diese muß also für die Regeneration günstigere Bedingungen bieten als die laterale.

Es wäre sehr interessant gewesen, zu untersuchen, ob auch an anderen Knochen die Regeneration den gleichen Gesetzen folgt. Ich habe leider nur einen Fall untersuchen können (Fig. 9).

Es ist bei einem 24 jährigen Manne vor 25 Wochen das Kniegelenk resiziert worden. Die Platte zeigt völlig scharf die Kontur der distalen Resektionsfläche der Tibia ohne jede Spur von Kallusansatz. Dagegen ist die Fläche des proximalen (femoralen) Stumpfes von einer großen Kallusmasse umgeben, die ihre stärkste Entwicklung wieder medial genommen hat. Es scheint sich also, wenn von dieser einen Beobachtung geschlossen werden kann, das obige Gesetz auch für die andern, zum wenigstens für alle Röhrenknochen zu bestätigen.

Wie erklärt sich diese auffällige Neigung des Körpers den Knochendefekt nicht, wie wohl allgemein angenommen wird, gleichmäßig von allen Seiten, sondern hauptsächlich von proximal und von medial her zu ersetzen?

Es liegt nahe, die Gefäßversorgung der Knochen zur Erklärung heranzuziehen. Es wäre denkbar, daß bei der Entnahme des Knochenstückes die Periostgefäße an irgendeiner Stelle

geschädigt wären. Die Blutzufuhr zu dem Periostteil abwärts von der Verletzungsstelle würde darunter leiden, und die Folge wäre, daß dieser schlechter versorgte Periostabschnitt geringere Regenerationsmöglichkeit hat, als der oberhalb gelegene und normal ernährte.

Gegen diese Vorstellung spricht aber wohl die Tatsache, daß die Knochenhaut nicht nur von einem Hauptgefäß versorgt wird, sondern durch zahlreiche Kollateralen. Namentlich aber scheint mir hiergegen der Befund des zuletzt besprochenen Falles zu sprechen. Gerade am Knie ist die Gefäßversorgung durch das außerordentlich dichte Rete genu so intensiv, daß man kaum annehmen darf, daß eine Schädigung der Gefäße der Anlaß des eigentümlichen Neuwachstums sein kann.

Wahrscheinlich ist eine andere Erklärung.

In den oben mitgeteilten Fällen konnte durchwegs festgestellt werden, daß die Knochenneuentwicklung des proximalen wie distalen Stumpfes am stärksten medial, also an der Seite war, die den Hauptblutgefäßen am nächsten liegt. Etwas ähnliches ist uns von der vergleichenden Anatomie her allgemein bekannt: Wir wissen, daß beim Fötus die Organe sich bei weitem am mächtigsten entwickeln, die der Nabelvene am nächsten liegen, so in erster Linie die Leber, das Herz, der Kopf, dann die oberen Extremitäten. Die gleiche Annahme scheint mir für unsere Frage berechtigt: Daß es die Entfernung von dem lebenspendenden Blutstrom ist, von der die Verschiedenheit der Regenerationstendenz der Knochenhaut abhängt.

(Aus dem Marinelazarett Hamburg.)

Ein Fall von Lungenechinokokkus.

A. Aus der inneren Abteilung (Prof. Dr. Ehret).

Klinischer Teil.

Von

Mar.-Ass.-Arzt d. R. **Wilhelm.**

Auf der inneren Abteilung des Marinelazarettes Hamburg hatten wir Gelegenheit, in unserem ausgedehnten Krankenmaterial auch einen Fall von Lungenechinokokkus zu beobachten, Wegen der relativen Seltenheit dieser Erkrankung verdient sie, der Kasuistik zugeführt zu werden. Nach der Neisserschen Statistik beläuft sich die Zahl der in Deutschland mit Einschluß der Wiener und Züricher Klinik beobachteten Echinokokkuskranken auf 173 bei einem Untersuchungsmaterial von ca. 500000 Personen, macht 0,03 % aller Erkrankungen.

Auf einzelne Zentralen verteilt ergibt sich folgende Tabelle:

Beob. Ort	Beob. Zeit	Anzahhl	Ech. Kr	%
Allerheiligenhosp. Breslau	1860—75	85062	20	0,02
Hamburg	1873—74	9000 durchschn.	keine	—
Jena	klinisch: jährl. mindestens ein Fall			
	1886—87	4998 Sektionen	42	0,84
Leipzig	1852—69	auf der inneren Abtg. nur 18 Fälle		
Wien	1854—75	369713	38	0,012
	1877—86	200000	80	0,04

Was das Befallensein der einzelnen Organe betrifft, so steht bei weitem obenan, mit 50 %, der Leberechinokokkus; ihm folgt mit 7,4 %, nach Madelung mit 11,9 % der Lungenechinokokkus; bei letzterem ist, wie auch in unserem Falle, meist die rechte untere Lungenhälfte betroffen (Beziehung zur Leber).

Neben dieser Seltenheit zeigte sich bei dieser Gelegenheit einmal, wie die genaueste klinische Diagnostik in manchen Fällen unzureichend ist, und welcher Wert der Röntgenologie auch auf inneren Gebieten zukommt.

Es handelt sich um einen 29 Jahre alten Westfalen. Die Provinz Westfalen gehört neben Mecklenburg und Vorpommern mit Rügen zu den Landstrichen in Deutschland, die vom Echinokokkus am meisten heimgesucht sind; dort ist er in einigen Gegenden direkt endemisch. Fragt man sich nun, mit spezieller Bezugnahme auf die Infektionsquelle für den Menschen, die der Hund darstellt, nach einer Ursache für die große Anzahl Echinokokkuskranker, die gerade diese Bezirke liefern, so galt früher allgemein der Grundsatz, es bestünde ein einfaches und direktes Verhältnis zwischen Anzahl der Hunde und der Echinokokkuskranken. Madelung wies nach, daß die Beziehungen doch wesentlich anders liegen: nicht die numerische Überzahl an Hunden an und für sich stellt einen Landstrich unter ungünstigere Bedingungen, sondern die Verhältnisse, unter denen die Tiere leben: nämlich wenn ihnen immer wieder Gelegenheit geboten wird, einerseits, sich selbst zu infizieren — Infektionsquelle Weidevieh, vornehmlich Schafe — andererseits ihre Krankheit auf den Menschen zu übertragen: Umstände, wie sie in klassischer Weise auf Island zu finden sind, wo Herde, Hund und Hirte vielfach den gleichen Raum teilen. Ähnlich waren auch die Bedingungen in den erwähnten Landstrichen, von denen statistisch feststand, daß sie die größte Anzahl Weidevieh, vornehmlich Schafe besaßen und daß die allgemeinen hygienischen Maßnahmen ziemlich schlechte waren (Hausschlächterei, kein Wegräumen der Abfallstoffe: dadurch reichlichst Gelegenheit für die Hunde, sich zu infizieren). Erst die Durchfürung sanitärer und hygienischer Maßnahmen — Verbot der Hausschlächterei, Errichtung von Zentralschlachtstellen usw. — erzielten eine Abnahme der Erkrankung. Unser Patient gab auf Befragen an, er habe in seiner Jugend viel mit einem Schäferhund gespielt, der krank sein sollte.

H. L., in Zivil Former, bei Militär Heizer, merkte im Laufe des vorigen Jahres Gewichtsabnahme, Schwächegefühl und Husten mit Auswurf, dem ab und zu auch Blut beigemengt war. Deswegen hatte seine Ortskrankenkasse die Aufnahme in ein Lungensanatorium beantragt. Bei Mobilmachung kam er an Bord. Den anstrengenden Heizerdienst machte er anstandslos mit: sein subjektives Befinden besserte sich sogar. Im Oktober erkrankte er an Luesrezidiv und wurde deswegen dem hiesigen Lazarett überwiesen. Während der spezifischen Behandlung hatte er öfters leichte Fieberattacken und dauernd Husten mit schleimig-eitrigem Auswurf. Nach Beendigung seiner Kur kam er auf die innere Abteilung mit der Diagnose Tbc. Mehrmalige Untersuchung des Auswurfes auf Tbc., die in der Zwischenzeit gemacht worden war, hatte immer negatives Resultat gehabt.

Auf der inneren Abteilung werden alle Patienten, die mit der Diagnose Tbc. oder Verdacht auf solche eingeliefert werden, außer einer sorgfältigen klinischen Beobachtung systematisch serodiagnostisch und röntgenologisch untersucht. Die klinische Untersuchung ergab, was ich besonders betonen möchte, weder inspektorisch noch palpatorisch etwas von Bedeutung: kein Nachschleppen, kein Verstrichensein der J. K. R., keine Vorwölbung, keine Weitung der unteren Thoraxapertur. Perkutorisch wurde rechts hinten unten, von Schulterblattgräte an abwärts, eine leichte Dämpfung festgestellt, die sich unten etwas aufhellte. Der hintere untere rechte Lungenrand war gut beweglich, ebenso die Lungen-Lebergrenze; die Leber selbst weder verdrängt, noch vergrößert, noch druckempfindlich; das Herz nicht verlagert, die rechte Herzgrenze reichlich 4 cm von der Mittellinie entfernt. Über der oben erwähnten Dämpfung hörte man einzelne klingende Rasselgeräusche bei leicht abgeschwächtem Atemgeräusch und Stimmfremitus: Ein Befund, wie er bei dem übrigen Allgemeinbefinden und der Anamnese des Patienten (Gewichtsabnahme, Bluthusten) als Verdichtung, wahrscheinlich tuberkulöser Art, angesprochen werden konnte. Die Serodiagnostik mußte verschoben werden, weil Patient dauernd kleinere Temperaturanstiege hatte. Röntgenologisch wurde kurz folgendes erhoben (vergl. Platte N. 1):

„Kindskopfbreite und -hohe Blase mit dicker glatter Membran im unteren Teil der rechten Lunge. Unterhalb derselben beim Einatmen sich gut entfaltender Lungenstreifen. Zwerchfellkuppe deutlich beweglich."

Auf Grund dieses Befundes mußte die Diagnose eines Lungenechinokokkus gestellt werden, der klinisch sich so geäußert hatte, daß man kaum etwas anderes als eine Verdichtung, wahrscheinlich auf tuberkulöser Basis, hätte annehmen können. Wegen des Lungenstreifens, der sich bei tiefer Inspiration zwischen Blase und Zwerchfellkuppe gut entfaltete und wegen der freien Zwerchfelltätigkeit bei vollständig negativem Leberbefunde, schien es sich um einen Lungenechinokokkus zu handeln.

Hatte der Röntgenologe so eine Diagnose gestellt, die klinisch erst später zur Erkenntnis gekommen wäre, so konnte man, bei bestehender Diagnose, aus rein klinischen Erwägungen heraus sich eine Vorstellung machen von der Form der Blase. Es mußte sich nach allem um einen ziemlich flachen, schalen- oder besser linsenförmigen Echinokokkus handeln von mäßiger Tiefe; denn:

1. klang überall noch das Atemgeräusch und der Stimmfremitus so durch, daß man klinisch gar nicht an ein Exsudat dachte;
2. war das Herz auch nicht verlagert: mithin durfte die Blase weder nach vorne noch nach medial das Mediastinum erreichen;
3. war die Leber nicht verdrängt und röntgenologisch die Zwerchfelltätigkeit eine gute.

Alle diese Daten hätten bei Kugelgestalt unter Berücksichtigung der Dämpfungshöhe wesentlich anders ausfallen müssen.

Da der Kranke eine Operation ablehnte, wurde am folgenden Tage probepunktiert, wohl bewußt, daß die Probepunktion ein zweischneidiger Eingriff ist und von vielen Autoren nur noch dann gemacht wird, wenn die Operation unmittelbar angeschlossen werden kann. Nebenbei sei erwähnt, daß andererseits eine ganze Reihe von Autoren die Probepunktion auch heute noch ausführen, ohne je einen nachteiligen Einfluß bemerkt zu haben. Um Nachsickern in die anscheinend freie Pleura zu verhüten, wurde schräge durch die Blasenwandung eingestochen und so Ventilverschluß erzielt. Zugleich wurde die Nadel nur bis dicht hinter die Membran, die man mit der Nadelspitze sehr gut fühlte, eingestoßen. Es wurden 10 ccm einer wasserklaren Flüssigkeit angesogen. Als dann die Spritze wieder angesetzt wurde, um zwecks Untersuchung noch etwas Flüssigkeit zu gewinnen, kam nichts mehr heraus. Es wäre zu erörtern, ob man auf Grund dessen annehmen darf, daß es sich um einen Echinokokkus multilocularis handele. Dies scheint ziemlich zweifelhaft zu sein, da erstens der Inhalt der multilokulären Echinokokkuszyste meist ein gallertartiger ist, während er in unserem Falle wasserklar war. Zweitens kommt der multilokuläre Echinokokkus fast nur in der Leber vor. Drittens gab auch das Röntgenbild keine Anhaltspunkte dafür. Wahrscheinlich ist, daß eine Tochterblase auspunktiert wurde; möglich wäre auch, daß die Nadel bis dicht unter die Gegenmembran eingestoßen wurde und daß diese dann infolge der Differenz von 10 ccm so sehr kollabierte, daß sie gerade die Spitze berührte und dadurch beim zweiten Ansaugen aspiriert wurde; so kam Verschluß zustande. In der Punktionsflüssigkeit, die eiweißfrei war, wurden Kochsalzkrystalle und Bernsteinsäure nachgewiesen.

Als Patient nach dem im Sitzen ausgeführten Eingriff, den er gut vertrug, den Untersuchungsraum verließ, bekam er plötzlich einen erstickungsähnlichen Anfall. Dieser tritt meistens auf im Anschluß an die Probepunktion von Lungenechinokokkus, weswegen dieser Eingriff vielfach unter Morphiumwirkung oder in Narkose ausgeführt wird. Es quollen ihm unter Würgen und Husten in kürzester Zeit aus Mund und Nase ca. 300 ccm einer salzig schmeckenden Flüssigkeit heraus. In den folgenden zwei Tagen hatte er hohes Fieber bis zu 39° C — neben Intoxikation spielte hier eine leichte Pleuritis mit (vergl. Platte Nr. 2) — reichlich Auswurf, der gelatinös erstarrte und eine immer stärker werdende Gelbfärbung annahm.

Hatte der klinische Befund schon für Schalenform gesprochen, so ergab der am Tage der Punktion und in den beiden folgenden ausgehusteten Mengen (300 ccm + 2 mal je 150 = 600 ccm) mit dem nach diesem Zeitraum röntgenologisch festgestellten Inhaltsrest der Blase höchstens 100 ccm (Platte 2) einen weiteren Anhalt für diese Ansicht. Die röntgenologisch festgestellten Maße (Aufnahme aus 1 m Entfernung) waren 18 cm Höhe, 14,5 cm Breite. Wäre auch der sagittale Durchmesser 14,5 cm gewesen, so wäre als Inhalt ein weit größerer als 700 ccm herausgekommen.

Nach leichter Antiforminanreicherung fand man im Auswurf Skolizes, Häkchen und in Nativpräparaten ab und zu ganz dünne Membranfetzen und Haematoidinkristalle. Durch die Farbe des Auswurfes aufmerksam gemacht, wurden auch die Reaktionen auf Gallenfarbstoffe ausgeführt, die sämtlich stark positiv waren. Ferner fanden sich in Fetzen angeordnet schöne polygonale Zellen, die kaum anders als als Leberzellen gelten konnten. Durch diesen Befund wurde ein neues Moment in das Krankheitsbild hineingetragen. Die Diagnose eines einfachen Lungenechinokokkus konnte kaum aufrecht erhalten und es mußte irgendeine Beteiligung der Leber angenommen werden. Was das Primäre, was das Sekundäre war, ließ sich schwer entscheiden. Bei der größeren Anzahl der primären Leberechinokokken durfte man auch in unserem Falle zur Annahme berechtigt sein, daß die Finne sich in der Leber angesiedelt, das Zwerchfell durchbrochen und dann vornehmlich in dem einen wachsenden Tumor günstigere Bedingungen bietenden Thoraxraum sich entwickelt hat. Jedoch ist auch der umgekehrte Weg nicht von der Hand zu weisen (Lunge — Zwerchfell — geringe Leberbeteiligung). Auffallend bleibt immerhin das absolute Fehlen jeder klinisch und röntgenologisch nachweisbaren Heparveränderung: Druckschmerz, Vergrößerung, Veränderung der Zwerchfellinie.

Der weitere Verlauf des Krankheitsbildes gestaltete sich ziemlich einfach. Fieber und Auswurf wurden geringer. Ohne eingetretene Komplikation erfolgte Ende März die Entlassung. Der Lungenbefund hatte sich klinisch kaum wesentlich verändert. H. u. r. leichte Dämpfung mit abgeschwächtem Stimmfremitus und Atemgeräusch; ab und zu einige klingende Rasselgeräusche. Zehn Tage nach seiner Entlassung gab er seinen wieder aufgenommenen Zivilberuf wieder auf, da er Fieber, Husten und Auswurf bekam. Der Auswurf stank diesmal faulig und wurde in einer Menge bis zu 500 ccm pro Tag entleert. Nach sechs Wochen Krankenhausbehandlung war er arbeitsfähig (seit einem Monat wieder beruflich tätig, 6 kg Gewichtszunahme). Dieser Anfall von Temperatur, Husten und Auswurf dürfte wohl darin seine Erklärung finden, daß es sich um Retensionserscheinungen vonseiten der noch nicht ganz geschrumpften Blase handele, in die Keime aus den Bronchen gelangten.

Auf Grund des letzten Röntgenbildes kann man von einer sich anbahnenden Heilung des Lungenechinokokkus sprechen; jedoch ist nicht auszuschließen, daß vielleicht eine Reinfektion gesetzt worden ist, oder z. B. von der Leber oder auch von der Lunge aus sich weiteres Unheil vorbereitet. Darüber wird erst die Zeit entscheiden.

Zum Schluß möchte ich noch kurz die Frage aufwerfen, auf welche physikalischen Vorgänge der Durchbruch des Echinokokkus in die Bronchen im Anschluß an die Probepunktion zurückzuführen ist. Eine Möglichkeit ist die, daß die Punktionsnadel eine Verbindung zwischen der Zyste und einem anliegenden Bronchus geschaffen hat. Dies kann man kaum annehmen, da ganz peripher punktiert wurde, wo größere Bronchen fehlen. Möglich wäre auch, daß die Durchbruchsstelle in den Bronchus, sei es durch peribronchitische Prozesse, sei es durch Druckatrophie vorbereitet war. Durch eine abnorme intrathorakale Drucksteigerung bei dem durch den Punktionsreiz gesetzten besonders heftigen Hustenanfall riß diese Stelle als Locus minimae resistentiae ein. Eine ungezwungene Erklärung ist auch folgende: Die Probepunktion entleerte eine Tochterblase; dadurch kamen Spannungsunterschiede in der Mutterblase zustande, so daß weitere Tochterblasen einrissen. So wurde der Zutritt des Inhaltes zu einer präformierten Bronchusöffnung ermöglicht.

Literatur.[1])

1) **Nothnagel**: Spezielle Pathologie und Therapie. VI. Bd.
2) **Madelung**: Beiträge mecklenburgischer Ärzte zur Lehre der Echinokokkuskrankheit. Stuttgart 1885.
3) **Schrötter**: Echinokokkus der Lunge. Mediz. Jahrbücher, Bd. XIV.
4) **Huber**: Echin. cyst. — Bibl. der klin. Helminth., Heft I, München 1891.
5) **Leyden**: Ockergelbes Sputum. — D. M. Wochenschr. 1885.

B. Aus dem Röntgeninstitut des Marinelazaretts Hamburg.

Über Lungen- und Pleura-Echinokokkus.

Von

Marine-Stabsarzt d. R. Dr. **Zehbe**, Leiter des Röntgeninstituts.

(Hierzu Tafel IV, Fig. a, b u. c.)

Die Röntgenuntersuchung des vorstehend besprochenen Falles ergab folgenden Befund:

Linke Lunge völlig o. B., Zwerchfell an normaler Stelle und gut beweglich, gut von der Brustwand abrollend, Sinus völlig frei, Herz von normaler Größe und Konfiguration, an normaler Stelle, also nicht verdrängt.

Die rechte Thoraxseite zeigte sich in den unteren drei Vierteln, abwärts von der vierten Rippe, eingenommen von einem völlig gleichmäßigen Schatten, der die Rippenschatten noch durchscheinen ließ. Die Begrenzung des Schattens nach oben war konvex, linienscharf; nach medial schien er in den Mediastinal- und Herzschatten, nach unten zu in den Zwerchfellschatten überzugehen; nach außen erreichte er die Thoraxwand.

Bei tiefer Inspiration zeigte sich, daß sich lateral zwischen den Schatten und die Thoraxwand, und unten, zwischen den unteren Teil des Schattens und das Zwerchfell, deutlich eine Luftschicht schob, daß also der Schatten von einem Körper herrühren mußte, der von diesen Organen scharf abgegrenzt war. Am schärfsten war die Abgrenzung am oberen, weniger am unteren Pol, welch letzterer gegen den oberen runden hinten etwas abgeflacht war. Zugleich hatte er das Zwerchfell tief eingedrückt, so daß er gewissermaßen in einer Mulde der Zwerchfellkuppelruhte. Nach medial, dem Hilus zu war die Abgrenzung nicht so scharf zu erkennen. Hier konnte auch bei tiefster Einatmung die den eiförmigen Schatten sonst abgrenzende Lungenschicht nicht so deutlich beobachtet werden, wie an den anderen Teilen.

Die Aufnahme (Tafel IV, Fig. a) zeigt diese Verhältnisse ganz deutlich. Sie zeigt aber mehr als die Durchleuchtung erkennen ließ, nämlich, daß man an dem etwa kokosnußgroßen Körper eine dünne, dunkleren Schatten gebende Kapsel von einem durchsichtigeren Inhalt unterscheiden mußte: Am oberen Pol ist deutlich ein kleiner freier Raum zwischen Kapsel und Inhalt erkennbar. Bei Schiefstellung des Körpers verschob sich die obere Kontur des Inhaltes nicht so, daß auf flüssige Konsistenz hätte geschlossen werden können.

Es mußte also ein großer aus einer dichten Kapsel mit dünnem Inhalt bestehender, scharf begrenzter, annähernd kopfgroßer Tumor sein, der hier in der rechten Lunge gewachsen war. Etwas anderes als Echinokokkus kam nach diesem Befunde nicht in Betracht.

Über die Gestalt des Echinokokkus, der bei der Durchleuchtung von hinten schärfer gesehen werden konnte, als von vorn, ergab eine stereoskopische Aufnahme, die Prof. Albers-Schönberg zu machen die Güte hatte, daß es sich um eine scheibenförmige, in der hinteren Thoraxhälfte gelegene Blase handelte. Es war im stereoskopischen Bilde sehr schön zu sehen, wie die Hilusgefäße vor der Echinokokkusblase zum Zwerchfell herabzogen; übrigens konnte

---

[1]) Neuere Literatur stand mir nicht zur Verfügung.

schon aus der fehlenden Verdrängung des Herzens und des Mediastinums gefolgert werden, daß es sich nicht um eine kugelförmige, sondern um eine flache Form des Echinokokkus handeln müsse. Auch die Untersuchung im Transversaldurchmesser ergab dies.

Es erschien wahrscheinlich, daß hier ein primärer Echinokokkus der Brusthöhle vorlag, da von einer irgendwie anders lokalisierten Blase nichts gefunden wurde. Anm. 1. Nach der Leber zu war die Abgrenzung, wie die Aufnahme zeigt, völlig scharf; die kleinen Schatten, die sich später zwischen Kapsel und Zwerchfellkuppel erkennen ließen, konnten mühelos auf entzündliche Strangbildung zurückgeführt werden.

Die Größe des Echinokokkus betrug im Höhendurchmesser 20,5, im Querdurchmesser 14,5 cm.

Tafel IV, Fig. b (Aufnahme 3 Tage nach der Punktion). Der Inhalt ist bis auf Spuren völlig entleert. Die Kapsel ist in fast voller Ausdehnung stehen geblieben, nur im Querdurchmesser ist eine mäßige Verkleinerung eingetreten (20 : 11,5). Der laterale Teil der Kapsel ist freier von der Thoraxwand abgerückt. Durch die stehengebliebene Kapsel hindurch sieht man eine Andeutung der Hilusgefäße. Die Partie über dem Zwerchfell erscheint leichtgetrübt. Bei der Durchleuchtung zeigte sich der Pleurasinus abgeflacht, verschleiert. Es handelt sich also wahrscheinlich um eine geringe mit Erguß einhergehende Pleuritis, die sich wohl im Anschluß an die Punktion eingestellt hat.

Eine 8 Tage später erfolgte Aufnahme zeigte, daß der untere Pol wieder stark mit Flüssigkeit gefüllt war. Die Maße betrugen wiederum 20 : 11,5, eine weitere Verkleinerung war also nicht eingetreten; die pleuritischen Erscheinungen waren völlig geschwunden.

Eine Aufnahme vier Wochen später zeigte den unteren Pol wieder mit Flüssigkeit gefüllt; er lag dem Zwerchfell noch auf, das indessen nicht mehr eingedrückt war. Die Maße betrugen hier 19 : 11,5, es war also eine geringe Schrumpfung im Längsdurchmesser eingetreten.

Eine weitere Untersuchung erfolgte 5 Wochen später, 24 Wochen nach der Punktion. Bei Durchleuchtung konnte die Kapsel nicht mehr gesehen werden; auch die Aufnahme ließ zunächst zweifelhaft, ob überhaupt noch Kapselreste vorhanden waren, und erst die Vergleichung mit den früheren Platten zeigte, daß die auf 5 : 3,5 geschrumpfte Blase, deren Kapsel nur noch in ganz schwachen Schattenrissen sichtbar war, sich direkt dem ziemlich starken Hilusschatten anschmiegte. Der untere Pol der kleinhühnereigroßen Blase war leicht verschleiert. Lungenzeichnung war wieder sichtbar; es war also vollkommene Heilung eingetreten[1]).

II) Ein halbes Jahr später kam ein zweiter Fall ähnlichen Befundes zur Röntgenuntersuchung. Der Zufall wollte, daß auch dieser Patient, wegen Luesrezidivs in Behandlung, unter dem Verdachte einer tuberkulösen Lungeninfiltration — klinisch ganz die gleichen Erscheinungen wie Fall I bietend — zur Röntgenuntersuchung geschickt wurde. Ich erhob folgenden Befund (Tafel IV, Abbildung c).

Herz und Lunge o. B. Keine Pleuraadhäsionen. Pleurasinus frei. Über der linken Zwerchfellkuppel, mit dem unteren Pol auf ihr ruhend und mit ihr beweglich, war ein halb handtellergroßer, ziemlich durchsichtiger Schatten sichtbar, von ovaler Form und glatten Umrissen; er war bei sagittaler Durchleuchtung zum Teil von der linken Herzkammer überschattet, stellte sich aber bei Halbrechtsstellung völlig frei in dem sonst unveränderten linken Lungenfeld dar. Auch die Aufnahme zeigte keinen Unterschied zwischen Kapsel- und Innenteil des Schattens.

Bei ventrodorsalem Strahlengang zeigten sich völlig gleiche Verhältnisse; nur erschien der Schatten kleiner und schärfer. Der darausgezogene Schluß, daß der schattengebende Körper in der hinteren Thoraxhälfte gelegen sein müsse, wurde durch die Transversalaufnahme des Thorax bestätigt. Es zeigte sich hierbei, daß der Sagittaldurchmesser des Schattens etwa um ein Drittel kleiner war als der Frontal- und Vertikaldurchmesser; daß der Körper also

[1]) Auch eine nach $^1/_2$ Jahre vorgenommene Kontrolluntersuchung ergab völlig normale Befunde und klinisches Wohlbefinden.

nicht Kugel-, sondern Scheiben- oder abgeplattete Bohnenform hatte; ferner zeigte sich hierbei, daß dieser scheibenförmige Körper in der hinteren Pleuraausbuchtung, also der tiefsten Stelle der Pleura überhaupt, und zwar mit seiner Hinterwand an der hinteren Thoraxfläche lag. Es handelte sich also um eine etwa apfelgroße, abgeplattete Cyste, und zwar eines Echinokokkus, dessen geringe Schattenintensität durch seinen geringeren Sagittaldurchmesser zu erklären war. Sonstige Anzeichen eines Echinokokkus waren bei dem Kranken nicht nachweisbar.

Es lag nahe, in beiden beschriebenen Fällen einen primären Lungenechinokokkus anzunehmen; im ersten Falle stellte ich zunächst auch diese Diagnose. Indes war im zweiten Falle der Echinokokkus sicher nicht in der Lunge, sondern in der Pleura gelegen. Da, wie bei ihm, so auch im ersten Falle der Echinokokkus im hinteren Sinus, also der tiefsten Stelle der Pleura lag und er auch sonst völlig die gleichen Verhältnisse aufwies wie im II. Falle — von der Größe abgesehen —, so möchte ich für beide Fälle nicht die Lunge, sondern den Pleuraraum als Ort der Entwicklung des Echinokokkus annehmen. Dafür scheint mir auch die völlige Wiederentfaltung der Lunge nach der Entleerung der Blase (Fall I) zu sprechen.

Aus den beiden mitgeteilten Fällen scheint mir also hervorzugehen, daß es mehrere Merkmale giebt, die die Differentialdiagnose Lungen- oder Pleuraechinokokkus ermöglichen. Es sind dies:

1. die Lage; in den Pleuraraum gelangt, wird die Blase anscheinend durch die Atmungsbewegungen an die tiefsten Stelle der Pleura, den (hinteren) Sinus, gewissermaßen sedimentiert, während sie sich in der Lunge beliebig ansiedelt,
2. entsprechend ihrer dortigen Lage berührt sie stets mit einer Fläche die Thoraxwand im Gegensatz zu dem Lungenechinokokkus, der allseitig von Lungengewebe umgeben ist (Standständigkeit des Pleuraechinokokkus),
3. die Form der Blase ist für Lunge und Pleura verschieden. Diese Verschiedenheit scheint eine Folge der verschiedenen Raumverhältnisse zu sein, die die wachsende Blase in der Lunge und in der Pleura findet. Die Lunge gewährt ihr Raum zum allseitig gleichmäßigen Wachstum und ermöglicht ihr dadurch die Annahme einer mehr oder minder kugelförmigen Gestalt. Die Pleura dagegen, als lumenloser Spaltraum, muß von der wachsenden Blase erst entfaltet werden; da die Blase sich in der Richtung des geringeren Widerstandes stärker entwickeln wird, resultiert eine Form, deren kleinster Durchmesser der Richtung des größten Widerstandes zu entsprechen scheint. Wir finden also eine mehr runde Form des Lungen-, eine mehr abgeplattete des Pleuraechinokokkus.

Aus dem Röntgeninstitut im Sanatorium Fürth in Wien.

Über infantile chronische Polyarthritis.

(Schluß.)

Von

Professor Dr. **Robert Kienböck.**

(Hierzu Tafel V.)

Fall VII.

10jähriges Mädchen, seit 3 Jahren chronischer Gelenkrheumatismus, fast alle Gelenke der Extremitäten ergriffen. Verdickungen der Gelenke, Kontrakturen und Muskelatrophie. Röntgenbefund: An den Handgelenken in den Karpalien stellenweise kleine Knochendefekte, am Kniegelenk die Gelenkflächen der Femurkondylen sehr rauh, wellig. In mehreren Gelenken Exsudate. Skelett plump, hochgradige allgemeine Osteoporose, die spongiösen Teile blasig, Diaphysenkortikalis verdünnt, streifig. Epiphysengrenzen bogig und wellig verlaufend, Ossifikation des Skeletts vorausgeeilt.

Anna K., 10 Jahre alt, übersandt aus dem Karolinen-Kinderspital von Prof. Knöpfelmacher am 19. IV. 1909.

Anamnese: Seit 3 Jahren chronischer Gelenkrheumatismus, fast alle Gelenke der Extremitäten wurden betroffen; seit einem Jahr sind die Hand- und Fingergelenke stark verändert, zum Teil steif.

Befund: Verdickungen und Kontrakturen zahlreicher Gelenke, Muskelatrophie, starke Abmagerung. Handgelenke mäßig geschwollen, Metakarpophalangealgelenke bedeutend geschwollen, auch sind die Fingergelenke verdickt, die Finger gebeugt; die Ellbogengelenke wenig beweglich. Beugekontrakturen an den Hüft- und Kniegelenken.

Körperlänge 127 cm, Kopfumfang 50 cm, Bitemporaldurchmesser 11 1/2, Biparietaldurchmesser 14 cm, Längsdurchmesser 21 cm.

Röntgenbefund: Hände (**Tafel V, Figur 1 u. 2**). Mäßige Verdickung an den Handgelenken, das linke Handgelenk ist gebeugt und daumenwärts flektiert; an den Metakarpophalangealgelenken bedeutende Schwellung der Kapsel, auch an den weiteren Fingergelenken deutliche Verdickung; die Finger sind in Beugestellung. Mehrere Karpalknochenkerne (Hamatum und Capitatum) zeigen an den einander zugekehrten Seiten kleine Defekte. Die Ossifikation der Handwurzel entspricht beiläufig dem 13. Lebensjahr. Die Epiphysenfugen an Radius und Ulna verlaufen wellig und bogig.

Linkes Ellbogengelenk (**Tafelfigur 3 u. 4**) verdickt und verdunkelt, durch einen Erguß ins Gelenk.

Linkes Kniegelenk, Seitenaufnahme. Gelenk in mittlerer Beugestellung, mäßig ausgedehnt. Femurkondylen überall uneben, wellig. Epiphysenfugen wellig verlaufend. Patellakern sehr groß. Antero-posteriore Aufnahme: entsprechender Befund. (**Tafelfigur 5 u. 6.**)

An allen Extremitäten zeigt sich eine hochgradige Osteoporose. Die Knochen sind sehr durchsichtig, die spongiösen Teile blasig, es ist fast nur die Kortikalis als Strich dargestellt; die Diaphysen haben eine dünne Rindensubstanz und erscheinen durch Auffaserung derselben verschwommen streifig, namentlich an den Unterextremitäten. Es besteht auch bedeutende Muskelatrophie.

Fall VIII.

8jähriges Mädchen, seit 2 Jahren Lymphdrüsenschwellungen, seit 1/2 Jahr Gelenkschwellungen und Schmerzen mit mäßigem Fieber. Starke Blässe und Abmagerung, alle großen Gelenke der Extremitäten affiziert. Röntgenbefund: Im Kniegelenk Rauhigkeiten an den Femurkondylen. Höchstgradige allgemeine Osteoporose, Epiphysen blasig. Ossifikation dem Alter entsprechend. Verlauf: Fortschreitende Blässe, Fieber, Leukämie, Milztumor. Nach 8 Wochen Exitus. **Sektionsbefund:** Sepsis, auch Endokard entzündet, in den Gelenken keine makroskopischen Veränderungen.

Gisela F., 8 Jahre alt, übersandt aus dem Karolinen-Kinderspital von Prof. Knöpfelmacher 2. III. 1914.

Anamnese: In der Familie keine Tuberkulose, keine Syphilis. Bis vor 2 Jahren war das Kind gesund, seitdem zunehmende Blässe und Schwellung der Halslymphdrüsen. September 1913 allmählicher Beginn von Gelenkrheumatismus, zuerst Schwellung der Kniegelenke, meist Fieber vorhanden bis 38°, niemals Husten.

Befund: Ungemein blasses und mageres Kind, leichte Dilatation der Hautvenen in der Sternalgegend. Alle großen Gelenke der Extremitäten affiziert, mäßig geschwollen, zum Teil gebeugt, in den Bewegungen mehr oder weniger eingeschränkt und schmerzhaft, Spasmen passiv überwindbar. Lungenbefund normal, Herz etwas dilatiert, Klappen intakt. Allgemeine Lymphdrüsenschwellung. Körperlänge 122 cm, Kopfumfang 51 cm, Stirnhöcker vorspringend.

Röntgenuntersuchung. Rechte Hand (**Tafelfigur 7**). Handgelenk wenig, Fingergelenke nicht geschwollen. Die Knochen zeigen nirgends Defekte. Die Vorderarmepiphysenfugen verlaufen etwas zackig, die Ossifikation entspricht dem Alter.

Rechtes Ellbogengelenk (**Tafelfigur 8**). Geringer Erguß.

Rechtes Schultergelenk (**Tafelfigur 9**). Humerus nach oben subluxiert.

Rechtes Hüftgelenk (**Tafelfigur 10**). Normale Lage des Femur.

Rechtes Kniegelenk (**Tafelfigur 11**). Geringer Erguß. Epiphysenfugen schmal, wellig. Patellakern sehr groß.

Rechtes Sprunggelenk (**Tafelfigur 12**). Wadenmuskulatur atrophisch, Unterschenkeldiaphysen streifig porotisch, Epiphysenfugen schmal, etwas wellig, Ossifikation des Fußwurzelskeletts dem Alter entsprechend.

An allen Extremitäten ist hochgradige Osteoporose vorhanden, die Knochen erscheinen zu hell, die Spongiosen grobmaschig (auch an den Rippen und am Beckenknochen), die kurzen Knochen

und Epiphysen zum Teil blasig, auch die Diaphysenkortikalis ist streifig, an der Hand geben z. B. nur die Mittelstücke der Diaphysen einen dunklen Schatten, auch die Metaphyse des Femur erscheint in den seitlichen Teilen (im Seitenbilde vorne und hinten) sehr hell. Ferner besteht bedeutende Muskelatrophie.

Die **Blut**untersuchungen (Dr. Lehndorff) ergaben Anfang März starke Abnahme der Erythrozyten (ca 3000000) und entsprechend herabgesetzten Hämoglobinwert, normale Leukozytenzahlen (6000—8000), starke Lymphozytose (bis 45%).

Auf Veranlassung von Prof. Knöpfelmacher wurde das Kind von seinen Assistenten Dr. Strauß und Dr. Lehndorff in der Gesellschaft für innere Medizin und Kinderheilkunde wiederholt demonstriert und besprochen. Die Diagnose lautete: „Primär chronischer Gelenkrheumatismus, wahrscheinlich tuberkulöser Natur."

Verlauf der Krankheit, im Karolinen-Kinderspital von Professor Knöpfelmacher beobachtet. Eine Ende März vorgenommene Blutuntersuchung (Dr. Lehndorff) ergab 20% Hämoglobin, 1200000 Erythrozyten, 5500 Leukozyten und Zeichen einer sekundären Anämie, ohne Kernhaltige. Unter den Leukozyten 40% Lymphozyten, kleine Formen.

Im weiteren Verlauf der Krankheit traten immer wieder unter Fieber und Schmerzen Gelenkschwellungen auf, es zeigte sich auch eine Endokardaffektion. Das Kind wurde immer blässer und kachektischer. Ende April steigerte sich ziemlich plötzlich die Kachexie, das Kind wurde fahlblaß, es wurde schließlich benommen, auch trat Brechreiz auf. Eine am 24. April vorgenommene Blutuntersuchung ergab ein fast farbloses Blut, ca. 5% Hämoglobin, 1200000 Erythrozyten und 4600 Leukozyten, kleine und mittelgroße Lymphozyten (neutrophile und eosinophile polymorphkernige Leukozyten fehlten fast vollständig). Dabei waren schließlich Streptokokken im Blute zu finden.

Das Kind starb am 25. April. Bei der **Obduktion** (Dr. Kern) zeigte sich schwere Anämie, fettige Degeneration der parenchymatösen Organe, mäßige Schwellung der Lymphdrüsen, geringer Milztumor, rotes Knochenmark, akute Endokarditis. Histologische Untersuchung (Institut Professor Weichselbaum): Streptokokken in allen Organen. Akute myeloische Leukämie, die kleinen Zellen im Blute waren nicht Lymphozyten, sondern Mikromyeloblasten gewesen. In den Gelenken keine makroskopischen Veränderungen.

Es lag also — wie schon Dr. Lehndorff bei der zweiten Besprechung des Falles in der Gesellschaft für innere Medizin und Kinderheilkunde hervorhob — schließlich eine allgemeine Streptokokkensepsis vor, auf welche die blutbereitenden Organe mit myeloischer Metaplasie reagierten.

B. Ergebnisse.

Es sind hier acht Fälle von chronischer polyartikulärer Gelenkaffektion bei Kindern beschrieben. Das Alter der Kinder schwankte zwischen 4 und 10 Jahren, dreimal ist das männliche, fünfmal das weibliche Geschlecht betroffen. Zu Beginn der Erkrankung waren die Kinder 3 bis 7½ Jahre alt. Die Dauer der Krankheit betrug ½—4 Jahre: der neunjährige Knabe (VI) war bereits 4, das zehnjährige Mädchen (VII) bereits 3 Jahre krank, die Fälle I bis V waren 1—2½ Jahre, das achtjährige Mädchen (VIII) bloß ½ Jahr krank. Stets waren viele, manchmal fast alle Gelenke der Extremitäten befallen, wiederholt auch Wirbelgelenke (II, IV u. VI), einmal auch die Kiefergelenke (IV) betroffen. Die Schmerzen waren verschieden heftig, ebenso die Schwellungen bald gering, bald hochgradig, die Bewegungseinschränkungen gering oder sehr bedeutend, bei mehreren Fällen (IV, V, VI u. VII) an den Beinen nahezu Ankylosen. Sowohl diesbezüglich, als auch durch den Verlauf mit wiederholten Schwankungen in der Heftigkeit der Entzündung (Attacken) unterscheiden sich unsere Fälle nicht von der Mehrzahl der früheren Beobachtungen. Alle unsere Kranken befanden sich noch im floriden Stadium der Krankheit, die noch immer ab und zu, und zwar gerade zur Zeit der Untersuchung in rascherem Fortschreiten begriffen war. Bei mehreren Fällen war die Krankheit noch nicht weit fortgeschritten (I und VIII), bei anderen Fällen (IV, V, VI u. VII) aber sehr weit, und zwar meist zufolge der langen Dauer der Affektion (2½ bis 4 Jahre) mit zahlreichen Nachschüben der Entzündungen, einmal aber zufolge sehr heftiger Entzündungen, bzw. sehr starker lokaler Veränderungen nach verhältnismäßig kurzer Krankheitsdauer (Fall V, nur 1½ Jahr krank). Bei einem der Fälle (IV) konnte die fortschreitende Verschlechterung des Leidens im Verlaufe von 2 Jahren verfolgt werden.

Tabellarischer Überblick über die Fälle.

Fall	Geschlecht	Alter (Jahre)	Alter bei der Erkrankung	Erkrankungsdauer	Beginn	Klinischer Befund: übriger Körper	Klinischer Befund: Gelenke	Röntgenbefund: Gelenkflächen, Exsudate	Röntgenbefund: Knochenatrophie	Bemerkungen
I	w.	8	7	1	chron. (?)	rechte Lunge infiltriert, Herz normal	Schwellungen, Beweglichkeit ziemlich gut	Rauhigkeiten, miliare subkortikale Defekte	mäßige, gleichmäßige Osteoporose	chronisch-infektiöse Gelenkentzündung
II	w.	4	3(?)	1(?)	chron. (?)	Fieber, Pirquet und Impfung negativ, Herz normal	starke Schwellungen, Beweglichkeit sehr eingeschränkt, Wirbelsäule steif	Unebenheiten, hie und da miliare subkortikale Destruktionsherde, große Exsudate	mäßige, gleichmäßige Osteoporose	chronisch-infektiöse Gelenkentzündung
III	m.	5	3	2	akut	Abdomen aufgetrieben, Herz normal	starke Schwellungen, mäßige Bewegungseinschränkungen	ziemlich starke kariöse Destruktionen, große Exsudate	mäßige, gleichmäßige Osteoporose, Diaphysen sehr schlank, geschwungen	ausgesprochene Karies, zum Teil Exsudate, zum Teil „Caries sicca".
IV	w.	5 1/2	3	2 1/2	akut	Herz normal	mäßige Schwellungen, starke Bewegungseinschränkungen, zum Teil fast Ankylosen, Kiefergelenke und Halswirbelsäule ergriffen	große Defekte, Epiphysenlösung, Subluxation	hochgradige Osteoporose, besonders spongiöse Gelenkenden mit Epiphysen betreffend, Diaphysen zu schlank	schwere kariöse Destruktionen (2 Jahre früher mit Röntgenstrahlen nur Exsudate, keine Knochendestruktionen nachweisbar).
V	m.	7	5 1/2	1 1/2	akut	Herz normal	mäßige Schwellungen, starke Bewegungseinschränkungen, zum Teil Ankylosen	Rauhigkeiten, Knorpeldefekte, Knoten von Granulationsgewebe in den Gelenken u. umgebenden Weichteilen; in der Nähe von Gelenken an den Diaphysen entzündliche periostale Knochenauflagerungen (oberes Ende der Ulna)	hochgradige Osteoporose, besond. an Gelenkenden, Diaphysen zu schlank	Syphilis.
VI	m.	9	5	4	akut	Herz normal	ziemlich starke Schwellungen, Bewegungen sehr eingeschränkt, bei Bewegung des Kopfes Krepitation (Halswirbelsäule ergriffen)	Rauhigkeiten, hie und da miliare subchondrale u. subkortikale Defekte, zum Teil größere Defekte, Exsudate	mäßige, gleichmäßige Osteoporose	chronisch-infektiöse Gelenkentzündung
VII	w.	10	7	3	chron. (?)	Herz normal	mäßige Schwellungen, Bewegungen stark eingeschränkt, zum Teil Ankylosen	Rauhigkeiten	hochgradige Osteoporose, besonders an Gelenkenden	chronisch-infektiöse Gelenkentzündung
VIII	w.	8	7 1/2	1/2	chron. (?)	Fieber, Lymphdrüsen und Milz vergrößert, Herz erst zum Schluß affiziert	mäßige Schwellungen und Bewegungseinschränkungen	keine Knochenveränderungen, nur kleine Exsudate	höchstgradige Osteoporose, besonders an Gelenkenden	Zunächst unbekannte Infektionskrankheit; schließlich Exitus an Streptokokken-Sepsis mit Endokarditis und akuter Leukämie. Makroskopisch keine Gelenkveränderungen nachweisbar.

In allen diesen Fällen handelt es sich nach dem klinischen Bild, nach Befund und Verlauf um chronischen Gelenkrheumatismus im weiteren Sinne. In manchen Fällen glaubte man bei Beginn der Krankheit, es liege ein gewöhnlicher „echter" akuter Gelenkrheumatismus vor, in anderen Fällen war der Verlauf schon vom Beginn an ein chronischer; man würde demnach die einen Fälle zum sekundär-chronischen, die anderen zum primär-chronischen Gelenkrheumatismus rechnen, doch hätte eine solche Trennung keinen Wert, die Klassifizierung erscheint gekünstelt. Wie schon früher erwähnt, beginnt ein im übrigen typisch-chronischer Gelenkrheumatismus bei Kindern sehr häufig als akute Krankheit; die Kinder reagieren eben mit dem ganzen Organismus auf die Infektion, namentlich zu Beginn, viel lebhafter als Erwachsene.

Darüber kann kein Zweifel bestehen, daß es sich stets um eine Infektionskrankheit handelte. Es ist nun zu eruieren, um welche Infektion.

In allen Fällen wurde klinisch nach Zeichen von Tuberkulose und Syphilis geforscht, sowohl was die Patienten selbst, als auch was die Angehörigen betrifft; bei den meisten Fällen fanden sich nun keine Anhaltspunkte für die eine oder andere dieser Krankheiten. Bei mehreren Fällen wurde aber doch ein stärkerer Verdacht auf Tuberkulose erweckt, z. B. bei I durch das Bestehen einer Lungeninfiltration, bei II durch den ausgesprochen intermittierenden Charakter des Fiebers, Pirquet-Reaktion und Impfversuch am Tier waren allerdings negativ ausgefallen.

Bei einem Falle (V) war der rasch progrediente Verlauf und die hochgradige Blässe ohne Schwund des Panniculus (nur der Muskulatur!) auffallend, man konnte darnach an Syphilis denken, obwohl keine Drüsenschwellungen nachweisbar waren; ob die Schmerzhaftigkeit des Prozesses in diesem Falle (wie in ähnlichen Fällen in der Literatur mit sicher festgestellter Gelenksyphilis) besonders gering gewesen sei, wurde nicht ermittelt.

Fall VIII unterscheidet sich in mehrfacher Beziehung stark von den anderen Fällen; auch hier war die Natur des Leidens zunächst ganz unklar: es war ein ungemein blasses, fieberndes Kind, außer mit Gelenkschwellungen noch mit allgemeiner Lymphdrüsenschwellung behaftet; schließlich entwickelte sich aber ein eigentümliches Krankheitsbild: höchstgradige Anämie (E. 1200000), Kachexie, Endokarditis, Milztumor, und es wurden Streptokokken im Blute gefunden; bald trat Exitus ein. Die Sektion bestätigt die Diagnose: Streptokokken-Sepsis und akute myeloische Leukämie. Ob es sich schon von vorne herein, zu Beginn der Gelenkerkrankung, sieben Monate vor dem Tod, um eine Streptokokken-Erkrankung gehandelt habe, bleibt zweifelhaft; mir erscheint dies nicht unwahrscheinlich.

Es war nun von besonderem Interesse, an den einzelnen Fällen die **Röntgenbefunde** zu studieren, um die zugrundeliegenden anatomischen Veränderungen zu untersuchen und besonders darauf zu achten, ob sich darin Anhaltspunkte für eine infektiöse, speziell tuberkulöse oder syphilitische Natur des Leidens finden.

Wenn wir bei unseren Fällen die radiologischen Befunde überblicken, so bemerken wir, daß hier sehr verschiedene Affektionen vorliegen.

Man könnte hier folgende Gruppen unterscheiden:

1. Fälle mit diffusen Rauhigkeiten und mit miliaren, subchondralen (kortikalen) und subkortikalen Destruktionsherden an den knöchernen Teilen der Gelenkflächen: Fälle **I, II, VI** und **VII.**

2. Fälle mit ausgesprochener Karies (zum Teil „Caries sicca", zum Teil mit Exsudaten), entweder nur geringen Grades: Fall **III** oder sogar mit schwerer kariöser Zerstörung der Gelenke: Fall **IV.**

3. Fälle mit nur diffusen Rauhigkeiten an den Gelenkflächen, stellenweise mit ossifizierender Periostitis der Diaphysen in der Nähe der Gelenke: Fall **V.**

4. Fälle ohne andere Gelenkveränderungen als Exsudat und Knochenatrophie: Fall **VIII.**

In den Fällen der **Gruppe 1**, i. e. bei der größten Gruppe (Fälle **I, II, VI** und **VII**) kann schon nach dem Befunde von oberflächlichen miliaren Destruktionsherden in den Knochen eine infektiöse chronische Gelenkentzündung angenommen werden. Es handelt sich hier offenbar um die Bildung von ausgebreitetem Granulationsgewebe in der Synovialis, mit pannusartigen Überzügen auf dem Knorpel und stellenweise kleinen miliaren, oberflächlichen Knochendestruktionsherden, welche z. T. an Kapsel- und Bänderansatzstellen, z. T. an anderen Stellen der Gelenkoberflächen, z. B. am tiefsten Punkt von Gelenkpfannen liegen (am Schultergelenk am Tuberculum majus humeri, am Ellbogengelenk im Boden der Incisura semilunaris; am Handgelenk an zahlreichen Punkten; an mehreren Stellen der Radiusepiphyse, der Karpalien — mit Prädilektionsstellen am Capitatum und Hamatum, nämlich in der Mitte der daumenwärtsblickenden Flächen —, ferner an den Basen der Metakarpen; am Hüftgelenk wahrscheinlich im Pfannenboden; am Kniegelenk an den Rändern der Tibiaepiphyse und anderen Ansatzstellen der Kreuzbänder; am oberen Sprunggelenk außen und innen an der Tibiaepiphyse). Ab und zu sind zugleich Gelenkergüsse nachweisbar; sie gehen wahrscheinlich meist bald nach ihrer Bildung wieder zurück, rezidivieren allerdings später noch wiederholt. Sie kommen zufolge einer Reizung der Synovialis durch die Infiltration, manchmal vielleicht nach einer mikroskopischen oder makroskopischen Ulzeration des Granulationsgewebes zustande; die dabei nicht selten vorkommenden Fieberanfälle entsprechen einem Aufflackern der Krankheit, einer stärkeren Vermehrung der Bakterien und intensiveren Wucherung des Granulationsgewebes. Welcher Natur die Infektion ist, welche Bakterien vorliegen, ist unbekannt; nach anderweitigen Erfahrungen ist anzunehmen, daß es meist Staphylokokken, manchmal Streptokokken sind; doch können es wohl auch andere Mikroorganismen, kurz Erreger der verschiedensten Infektionskrankheiten sein. Zu stärkeren Zerstörungen von Knochensubstanz, ausgesprochener Karies oder zu Bildung von umfangreichen, allenfalls eitrig zerfallenden Fungusmassen und Fistelbildung — wie dies bei der Tuberkulose der Gelenke die Regel ist — kommt es in diesen Fällen nicht, sie behalten vielmehr klinisch immer den Charakter des chronischen Gelenkrheumatismus bei. Ausgebreitete Adhäsionen der gegenüberliegenden Gelenkflächen entstehen wahrscheinlich oft, aber meist erst spät und können in der ersten Zeit wieder zurückgehen. Der ganze Prozeß schreitet durch Jahre fort, wahrscheinlich unter Vernarbung der vorher gebildeten Infiltrationen, langsam von Stelle zu Stelle weiterkriechend; schließlich geht er vielleicht manchmal in Heilung aus. Dies ergibt sich aus dem Verlauf in manchen ähnlichen, länger beobachteten Fällen der Literatur; lokale Heilung zeigt z. B. der Fall VI in den Randpartien mancher Knochenherde, welche aus verdichteter Knochensubstanz bestehen. In den meisten Fällen dürften aber die Kinder durch zunehmende Schwäche an anderen hinzutretenden Krankheiten zugrunde gehen.

In manchen Fällen der Gruppe I könnte es sich übrigens auch um **Tuberkulose** handeln. Daß auch diese Fälle so gutartig verlaufen, speziell weder in ausgesprochene Karies noch in Fungus, Vereiterung und Fistelbildung übergehen, vielmehr das klinische Bild des chronischen Gelenkrheumatismus beibehalten, könnte in der größeren Widerstandsfähigkeit der betroffenen Individuen gegen den Tuberkelbazillus liegen; viel wahrscheinlicher erscheint aber die bereits von **Bouveyron** ausgesprochene Annahme, daß in solchen Fällen die Erreger nicht gewöhnliche hochvirulente Tuberkelbazillen, sondern eine abgeschwächte **Modifikation** derselben seien, daß daher der tuberkulöse chronische **Gelenkrheumatismus** ebenso eine besondere Art der Gelenktuberkulose sei, wie der **Lupus** der Haut eine spezielle Form der Hauttuberkulose ist.

Man darf wohl nicht mit Poncet annehmen, daß geradezu die Mehrzahl der Fälle von chronischem Gelenkrheumatismus der geschilderten Art tuberkulöse Erkrankungen seien, denn es fehlt der Beweis für die Wahrscheinlichkeit der Annahme; noch weniger darf man mit Poncet weiterhin glauben, daß jene Arthritiden rein toxische Gelenkaffektionen seien; man

muß vielmehr annehmen, daß bei den Fällen der Gruppe I und ähnlichen Beobachtungen der Literatur Bakterien verschiedener Art in den Gelenken deponiert worden sind, zur Bildung von entzündlichem Granulationsgewebe Veranlassung gegeben und zum klinischen Bild des chronischen Gelenkrheumatismus geführt haben (vgl. auch Hoffa und Wollenberg). Weitere anatomische Untersuchungen in solchen Fällen wären dringend zu wünschen.

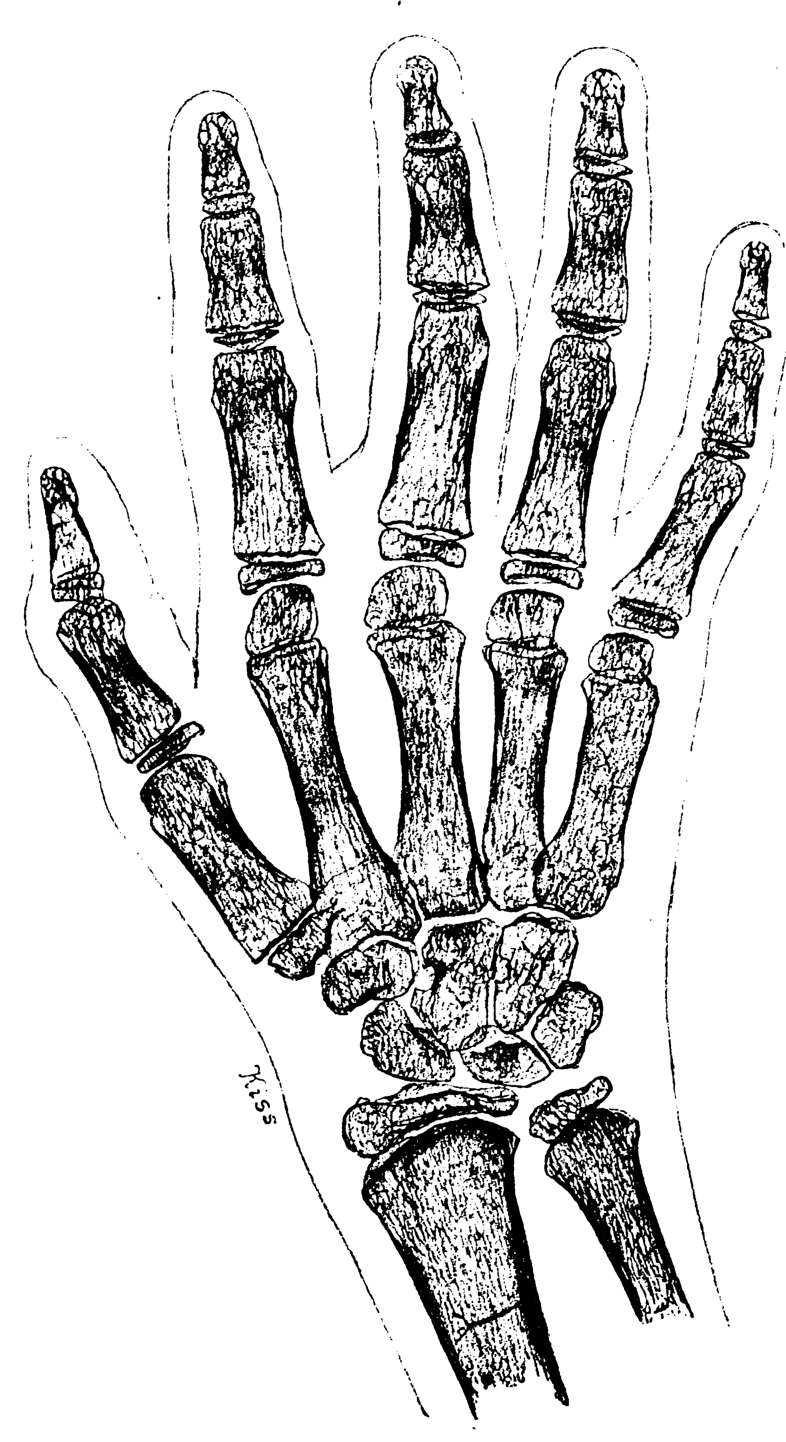
Bei den Fällen der Gruppe 2 (Fall III und IV) handelt es sich dagegen um **typische** Gelenktuberkulose; zunächst war ebenfalls die sogenannte synoviale Form der tuberkulösen Gelenkerkrankung, erst später kam es zur Bildung von leichter Knochenkaries (Fall III), oder sogar zu bedeutenden Knochendestruktionen (Fall IV). Diese beiden Fälle geben also — ebenso wie einige Fälle der Literatur — ein deutliches Zeugnis dafür ab, daß manche Fälle, die unter dem klinischen Bilde von chronischem Gelenkrheumatismus einhergehen, tuberkulöse Erkrankungen sind.

Bei Gruppe 3 (Fall V) liegt wahrscheinlich **Syphilis** vor (erworben oder hereditär); darauf weist z. B. das Vorhandensein von großen, isolierten Knoten von Granulationsgewebe in den Gelenken und außerhalb derselben hin (infrapatellarer Knoten im Kniegelenk und retrotalarer Knoten in einer Sehnenscheide am Sprunggelenk), ferner das Vorhandensein von ossifizierender Periostitis von Diaphysen in der Nähe der Gelenke (oberes Ulnaende). Ähnliche Fälle sind auch bereits in der Literatur gemeldet.

Bei der Gruppe 4 (Fall VIII) handelt es sich um eine ganz andere Gelenkaffektion als in allen früheren Fällen; im Röntgenbild trat außer Knochenatrophie (sehr hochgradig) und geringer Exsudatbildung keine Gelenkveränderung, speziell auch keine Knochendestruktion zutage; auch bei der Sektion erschienen die Gelenke makroskopisch nicht verändert. Der Tod war — wie oben mitgeteilt — nach Ausbildung von Leukämie und Kachexie an allgemeiner Streptokokken-Sepsis erfolgt. Hier könnte eher als in anderen Fällen die Polyarthritis eine **toxische** gewesen sein.

Eine besondere Besprechung verdient auch die in allen Fällen von chronischem Gelenkrheumatismus bei Erwachsenen und Kindern auftretende und zwar gewöhnlich erst nach längerem Bestand des Leidens mit Röntgenstrahlen nachweisbare **Knochenatrophie** in Form von Osteoporose und — bei Kindern — auch in Form von Wachstumshemmung der Knochen.

Osteoporose. Die Porose zeigt sich im Röntgenbilde in einer Dünnheit, Spärlichkeit, zuweilen Unschärfe der Spongiosabälkchen, Dünnheit der Spongiosenkortikalis und Dünnheit der Diaphysenkortikalis, sowie (was allerdings bei geringen Graden schwerer zu beurteilen ist) in einer zu geringen Dunkelheit der Knochenschatten. Die Veränderung nimmt bei fortschreitender Krankheit im Laufe der Zeit immer mehr zu. Zunächst erscheint die Porose dem Nichtkenner im Bilde nur gering, sie ist dann aber in Wirklichkeit bereits mäßig stark ausgebildet; in anderen Fällen erscheint die Porose im Bilde als mäßig intensiv, sie ist dann aber in Wirklichkeit bereits sehr bedeutend. Bei sehr hohem Grad der Veränderung erscheinen die Diaphysen der langen Röhrenknochen **längsstreifig** durch Auffaserung der Kortikalis in mehrere Schichten, die Enden („Metaphysen") samt Epiphysen und die kurzen Knochen, also die spongiösen, eng zum Gelenk gehörigen Skeletteile, erscheinen im Bilde geradezu **blasig,** durch Schwund des größten Teiles des Spongiosanetzes mit Erhaltenbleiben einer verhältnismäßig festen Spongiosenkortikalis. Die Veränderung erstreckt sich manchmal mehr **gleichmäßig** auf alle Knochen und Knochenteile; in anderen Fällen sind **die spongiösen Teile** des Skeletts viel stärker befallen als die Mittelstücke der Diaphysen, die Spongiosen erscheinen dann etwas blasig, ohne daß zugleich die Diaphysen streifig sind. Bei gleichmäßigem Befallensein der Skeletteile liegt das typische Bild der **chronischen** Knochenatrophie vor, bei Bevorzugung der spongiösen Teile des Skeletts ist **akute** Knochenatrophie beigemischt — jedoch stets ohne „Fleckenbildung", wie sie bei Knochen-



Figur 5. Fall VI. Neunjähriger Knabe mit chronischer Polyarthritis. Linke Hand. Natürliche Größe.

Chronische Knochenatrophie: gleichmäßige Osteoporose. An den Karpalien stellenweise oberflächliche, rundliche Knochendefekte. An den Vorderarmknochen „Epiphysenmarken". Epiphysenfuge an Radius und Ulna stark bogig (distalkonvex) und wellig verlaufend — entsprechend einer für das Alter des Kindes zu weit vorgeschrittenen Ossifikation. (Vgl. das Bild der rechten Hand des Kranken mit ähnlichen Veränderungen, **Fig. 13 auf Tafel XIV in Band XXIII.)**

frakturen und traumatischen Läsionen der Weichteile (Distorsionen der Gelenke, Kontusionen) nach einiger Zeit typisch zum Vorschein kommt. Ein besonderes Betroffensein der Gelenkteile des Skelettes dürfte namentlich bei heftigen, akuten Schüben der Krankheit vorkommen. Schließlich bildet sich auch hier „rein chronische", gleichmäßige Atrophie des Skeletts. In den meisten Fällen entwickelt sich hochgradige Knochenatrophie erst spät, in seltenen Fällen (Fall VIII) aber verhältnismäßig rasch. Die Atrophie entsteht wahrscheinlich auf komplizierte Weise, teils direkt durch Toxinwirkung, teils auf reflektorischem Wege, und zwar vor allem durch entzündliche Reizung der Gelenknerven, wobei auch die Inaktivität des Körperteiles mitwirkt.

Bei längerem Bestand der Krankheit mit wiederholten stärkeren Entzündungen, Schmerzen und entsprechender Bewegungsbehinderung werden die Knochen — wie es bei Kindern nicht anders erwartet werden kann — auch **im Wachstum gehemmt,** und zwar stellt schon die eben beschriebene Osteoporose mit dünnen Knochenbälkchen z. T. eine Wachstumshemmung („enostale Hypoplasie" — wie ich sagen möchte) dar. Dann bleiben aber die Knochen auch oft im **Größenwachstum** zurück, sie bleiben zu **klein;** die langen Röhrenknochen bleiben speziell im **Dickenwachstum** zurück, sie werden in der Form schmächtig, vor

allem wachsen die Diaphysen der Röhrenknochen nicht zur normalen Dicke heran, sie sind dann im Verhältnis zu den weniger zurückbleibenden Epiphysen und kurzen Knochen (Hand- und Fußwurzel) unverhältnismäßig **dünn** (Fälle III, IV, V): periostale Hypoplasie; die Knochen sind dabei meist auch etwas gekrümmt („geschwungen") (Fall III). Nur selten bleibt bei längerer Dauer der Krankheit dieses Symptom aus, indem die Knochen zur normalen Dicke heranwachsen (Fälle von Reiner, meine Fälle VI und VII), wahrscheinlich dann, wenn die Schmerzen nicht allzu hochgradig, nicht allzu häufig und lang dauernd sind und daher die Bewegungen nicht allzusehr gehemmt sind. Übrigens könnte man bei plump gebauten Individuen (Rasse) eine periostale Hypoplasie der Knochen leicht übersehen.

Erst später, bzw. in geringem Maße bleiben die langen Röhrenknochen auch in ihrem **Längenwachstum** zurück, die Knochen bleiben zu **kurz** (enchondrale Hypoplasie der Knochen). So dürfte z. B. bei unserem Fall II die geringe Körperlänge von 85 cm des vierjährigen Mädchens (statt etwa 92 cm) auf Hemmung des Längenwachstums der Unterextremitäten beruhen. In manchen Fällen der Literatur mit chronischem Gelenkrheumatismus bei Kindern sind die Arme und Beine im Verhältnis zum Rumpf sogar viel zu kurz.



Fig. 6. Rechte Hand eines gleichaltrigen gesunden, allerdings etwas kleineren Knaben zum Vergleich mit Figur 5. Natürliche Größe. (Zeichnung wie bei den früheren Figuren durch A. Kiss.)

Spongiosen engmaschig, Diaphysenkortikalis dick und nicht weiter aufgefasert, Epiphysenfuge am Radius ziemlich breit und gleichmäßig verlaufend (wenig konvex, dabei eben). Knochenkerne in den meisten Karpalien klein — verglichen mit dem abnormen Zustand bei chronischer Polyarthritis in Figur 5 —, auch Ulnaepiphyse noch ganz knorpelig.

Die Wachstumhemmung ist offenbar — ebenso wie die begleitende Osteoporose — eine arthrogene, im wesentlichen reflektorische, sie ist — wie ich mich ausdrücken möchte — als **parainflammatorische Atrophie,** bzw.

In den Fällen der **Gruppe 1**, i. e. bei der größten Gruppe (Fälle **I, II, VI** und **VII**) kann schon nach dem Befunde von oberflächlichen miliaren Destruktionsherden in den Knochen eine infektiöse chronische Gelenkentzündung angenommen werden. Es handelt sich hier offenbar um die Bildung von ausgebreitetem Granulationsgewebe in der Synovialis, mit pannusartigen Überzügen auf dem Knorpel und stellenweise kleinen miliaren, oberflächlichen Knochendestruktionsherden, welche z. T. an Kapsel- und Bänderansatzstellen, z. T. an anderen Stellen der Gelenkoberflächen, z. B. am tiefsten Punkt von Gelenkpfannen liegen (am Schultergelenk am Tuberculum majus humeri, am Ellbogengelenk im Boden der Incisura semilunaris; am Handgelenk an zahlreichen Punkten; an mehreren Stellen der Radiusepiphyse, der Karpalien — mit Prädilektionsstellen am Capitatum und Hamatum, nämlich in der Mitte der daumenwärtsblickenden Flächen —, ferner an den Basen der Metakarpen; am Hüftgelenk wahrscheinlich im Pfannenboden; am Kniegelenk an den Rändern der Tibiaepiphyse und anderen Ansatzstellen der Kreuzbänder; am oberen Sprunggelenk außen und innen an der Tibiaepiphyse). Ab und zu sind zugleich Gelenkergüsse nachweisbar; sie gehen wahrscheinlich meist bald nach ihrer Bildung wieder zurück, rezidivieren allerdings später noch wiederholt. Sie kommen zufolge einer Reizung der Synovialis durch die Infiltration, manchmal vielleicht nach einer mikroskopischen oder makroskopischen Ulzeration des Granulationsgewebes zustande; die dabei nicht selten vorkommenden Fieberanfälle entsprechen einem Auffiackern der Krankheit, einer stärkeren Vermehrung der Bakterien und intensiveren Wucherung des Granulationsgewebes. Welcher Natur die Infektion ist, welche Bakterien vorliegen, ist unbekannt; nach anderweitigen Erfahrungen ist anzunehmen, daß es meist Staphylokokken, manchmal Streptokokken sind; doch können es wohl auch andere Mikroorganismen, kurz Erreger der verschiedensten Infektionskrankheiten sein. Zu stärkeren Zerstörungen von Knochensubstanz, ausgesprochener Karies oder zu Bildung von umfangreichen, allenfalls eitrig zerfallenden Fungusmassen und Fistelbildung — wie dies bei der Tuberkulose der Gelenke die Regel ist — kommt es in diesen Fällen nicht, sie behalten vielmehr klinisch immer den Charakter des chronischen Gelenkrheumatismus bei. Ausgebreitete Adhäsionen der gegenüberliegenden Gelenkflächen entstehen wahrscheinlich oft, aber meist erst spät und können in der ersten Zeit wieder zurückgehen. Der ganze Prozeß schreitet durch Jahre fort, wahrscheinlich unter Vernarbung der vorher gebildeten Infiltrationen, langsam von Stelle zu Stelle weiterkriechend; schließlich geht er vielleicht manchmal in Heilung aus. Dies ergibt sich aus dem Verlauf in manchen ähnlichen, länger beobachteten Fällen der Literatur; lokale Heilung zeigt z. B. der Fall VI in den Randpartien mancher Knochenherde, welche aus verdichteter Knochensubstanz bestehen. In den meisten Fällen dürften aber die Kinder durch zunehmende Schwäche an anderen hinzutretenden Krankheiten zugrunde gehen.

In manchen Fällen der Gruppe I könnte es sich übrigens auch um **Tuberkulose** handeln. Daß auch diese Fälle so gutartig verlaufen, speziell weder in ausgesprochene Karies noch in Fungus, Vereiterung und Fistelbildung übergehen, vielmehr das klinische Bild des chronischen Gelenkrheumatismus beibehalten, könnte in der größeren Widerstandsfähigkeit der betroffenen Individuen gegen den Tuberkelbazillus liegen; viel wahrscheinlicher erscheint aber die bereits von **Bouveyron** ausgesprochene Annahme, daß in solchen Fällen die Erreger nicht gewöhnliche hochvirulente Tuberkelbazillen, sondern eine abgeschwächte **Modifikation** derselben seien, daß daher der tuberkulöse chronische **Gelenkrheumatismus** ebenso eine besondere Art der Gelenktuberkulose sei, wie der **Lupus** der Haut eine spezielle Form der Hauttuberkulose ist.

Man darf wohl nicht mit Poncet annehmen, daß geradezu die Mehrzahl der Fälle von chronischem Gelenkrheumatismus der geschilderten Art tuberkulöse Erkrankungen seien, denn es fehlt der Beweis für die Wahrscheinlichkeit der Annahme; noch weniger darf man mit Poncet weiterhin glauben, daß jene Arthritiden rein toxische Gelenkaffektionen seien; man

muß vielmehr annehmen, daß bei den Fällen der Gruppe I und ähnlichen Beobachtungen der Literatur Bakterien verschiedener Art in den Gelenken deponiert worden sind, zur Bildung von entzündlichem Granulationsgewebe Veranlassung gegeben und zum klinischen Bild des chronischen Gelenkrheumatismus geführt haben (vgl. auch Hoffa und Wollenberg). Weitere anatomische Untersuchungen in solchen Fällen wären dringend zu wünschen.

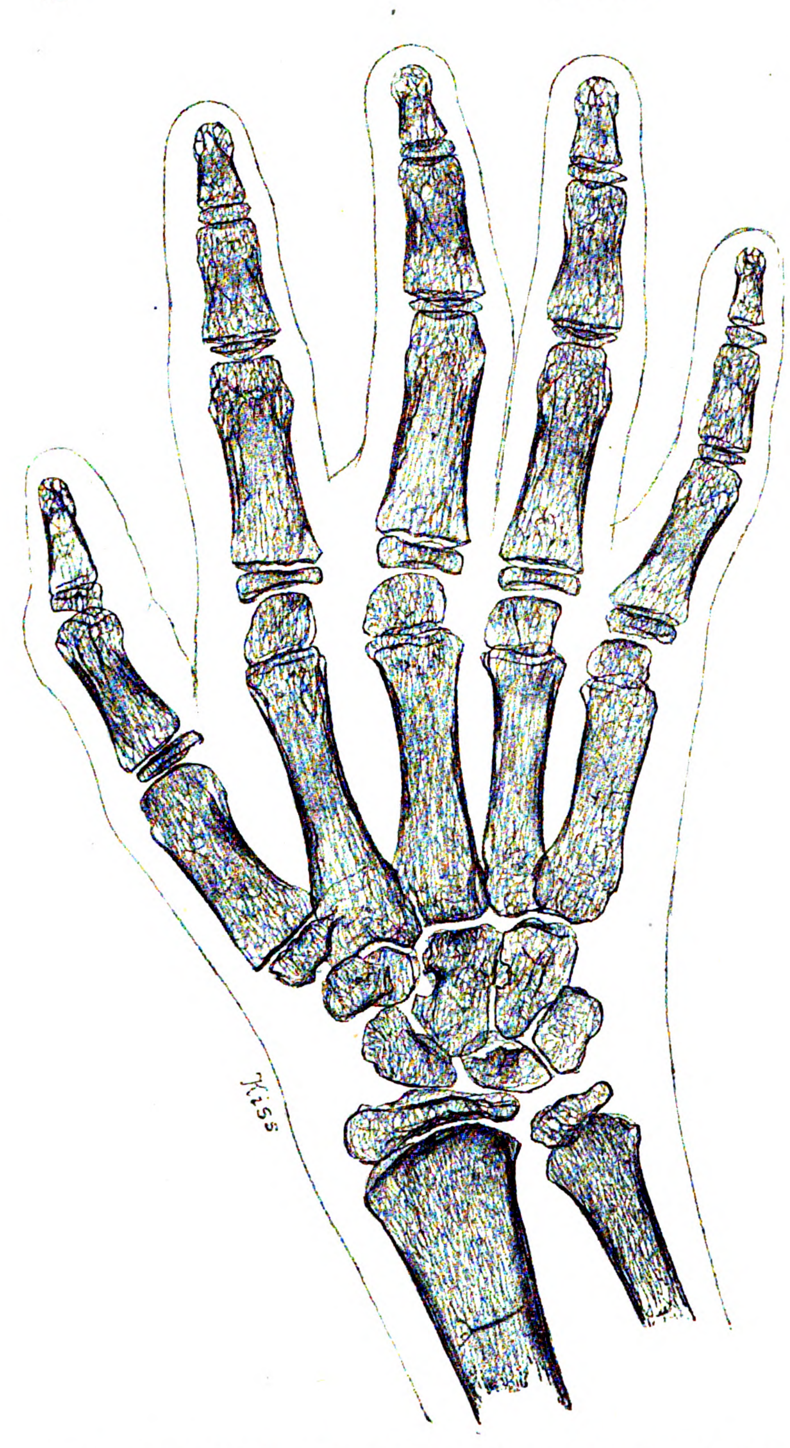
Bei den Fällen der Gruppe 2 (Fall III und IV) handelt es sich dagegen um **typische** Gelenktuberkulose; zunächst war ebenfalls die sogenannte synoviale Form der tuberkulösen Gelenkerkrankung, erst später kam es zur Bildung von leichter Knochenkaries (Fall III), oder sogar zu bedeutenden Knochendestruktionen (Fall IV). Diese beiden Fälle geben also — ebenso wie einige Fälle der Literatur — ein deutliches Zeugnis dafür ab, daß manche Fälle, die unter dem klinischen Bilde von chronischem Gelenkrheumatismus einhergehen, tuberkulöse Erkrankungen sind.

Bei Gruppe 3 (Fall V) liegt wahrscheinlich **Syphilis** vor (erworben oder hereditär); darauf weist z. B. das Vorhandensein von großen, isolierten Knoten von Granulationsgewebe in den Gelenken und außerhalb derselben hin (infrapatellarer Knoten im Kniegelenk und retrotalarer Knoten in einer Sehnenscheide am Sprunggelenk), ferner das Vorhandensein von ossifizierender Periostitis von Diaphysen in der Nähe der Gelenke (oberes Ulnaende). Ähnliche Fälle sind auch bereits in der Literatur gemeldet.

Bei der Gruppe 4 (Fall VIII) handelt es sich um eine ganz andere Gelenkaffektion als in allen früheren Fällen; im Röntgenbild trat außer Knochenatrophie (sehr hochgradig) und geringer Exsudatbildung keine Gelenkveränderung, speziell auch keine Knochendestruktion zutage; auch bei der Sektion erschienen die Gelenke makroskopisch nicht verändert. Der Tod war — wie oben mitgeteilt — nach Ausbildung von Leukämie und Kachexie an allgemeiner Streptokokken-Sepsis erfolgt. Hier könnte eher als in anderen Fällen die Polyarthritis eine **toxische** gewesen sein.

Eine besondere Besprechung verdient auch die in allen Fällen von chronischem Gelenkrheumatismus bei Erwachsenen und Kindern auftretende und zwar gewöhnlich erst nach längerem Bestand des Leidens mit Röntgenstrahlen nachweisbare **Knochenatrophie** in Form von Osteoporose und — bei Kindern — auch in Form von Wachstumshemmung der Knochen.

Osteoporose. Die Porose zeigt sich im Röntgenbilde in einer Dünnheit, Spärlichkeit, zuweilen Unschärfe der Spongiosabälkchen, Dünnheit der Spongiosenkortikalis und Dünnheit der Diaphysenkortikalis, sowie (was allerdings bei geringen Graden schwerer zu beurteilen ist) in einer zu geringen Dunkelheit der Knochenschatten. Die Veränderung nimmt bei fortschreitender Krankheit im Laufe der Zeit immer mehr zu. Zunächst erscheint die Porose dem Nichtkenner im Bilde nur gering, sie ist dann aber in Wirklichkeit bereits mäßig stark ausgebildet; in anderen Fällen erscheint die Porose im Bilde als mäßig intensiv, sie ist dann aber in Wirklichkeit bereits sehr bedeutend. Bei sehr hohem Grad der Veränderung erscheinen die Diaphysen der langen Röhrenknochen **längsstreifig** durch Auffaserung der Kortikalis in mehrere Schichten, die Enden („Metaphysen") samt Epiphysen und die kurzen Knochen, also die spongiösen, eng zum Gelenk gehörigen Skeletteile, erscheinen im Bilde geradezu **blasig,** durch Schwund des größten Teiles des Spongiosanetzes mit Erhaltenbleiben einer verhältnismäßig festen Spongiosenkortikalis. Die Veränderung erstreckt sich manchmal mehr **gleichmäßig** auf alle Knochen und Knochenteile; in anderen Fällen sind **die spongiösen Teile** des Skeletts viel stärker befallen als die Mittelstücke der Diaphysen, die Spongiosen erscheinen dann etwas blasig, ohne daß zugleich die Diaphysen streifig sind. Bei gleichmäßigem Befallensein der Skeletteile liegt das typische Bild der **chronischen** Knochenatrophie vor, bei Bevorzugung der spongiösen Teile des Skeletts ist **akute** Knochenatrophie beigemischt — jedoch stets ohne „Fleckenbildung", wie sie bei Knochen-



Figur 5. Fall VI. Neunjähriger Knabe mit chronischer Polyarthritis. Linke Hand. Natürliche Größe.

Chronische Knochenatrophie: gleichmäßige Osteoporose. An den Karpalien stellenweise oberflächliche, rundliche Knochendefekte. An den Vorderarmknochen „Epiphysenmarken". Epiphysenfuge an Radius und Ulna stark bogig (distalkonvex) und wellig verlaufend — entsprechend einer für das Alter des Kindes zu weit vorgeschrittenen Ossifikation. (Vgl. das Bild der rechten Hand des Kranken mit ähnlichen Veränderungen, **Fig. 13 auf Tafel XIV in Band XXIII.)**

frakturen und traumatischen Läsionen der Weichteile (Distorsionen der Gelenke, Kontusionen) nach einiger Zeit typisch zum Vorschein kommt. Ein besonderes Betroffensein der Gelenkteile des Skelettes dürfte namentlich bei heftigen, akuten Schüben der Krankheit vorkommen. Schließlich bildet sich auch hier „rein chronische", gleichmäßige Atrophie des Skeletts. In den meisten Fällen entwickelt sich hochgradige Knochenatrophie erst spät, in seltenen Fällen (Fall VIII) aber verhältnismäßig rasch. Die Atrophie entsteht wahrscheinlich auf komplizierte Weise, teils direkt durch Toxinwirkung, teils auf reflektorischem Wege, und zwar vor allem durch entzündliche Reizung der Gelenknerven, wobei auch die Inaktivität des Körperteiles mitwirkt.

Bei längerem Bestand der Krankheit mit wiederholten stärkeren Entzündungen, Schmerzen und entsprechender Bewegungsbehinderung werden die Knochen — wie es bei Kindern nicht anders erwartet werden kann — auch **im Wachstum gehemmt,** und zwar stellt schon die eben beschriebene Osteoporose mit dünnen Knochenbälkchen z. T. eine Wachstumshemmung („enostale Hypoplasie" — wie ich sagen möchte) dar. Dann bleiben aber die Knochen auch oft im **Größenwachstum** zurück, sie bleiben **zu klein;** die langen Röhrenknochen bleiben speziell im **Dickenwachstum** zurück, sie werden in der Form schmächtig, vor

allem wachsen die Diaphysen der Röhrenknochen nicht zur normalen Dicke heran, sie sind dann im Verhältnis zu den weniger zurückbleibenden Epiphysen und kurzen Knochen (Hand- und Fußwurzel) unverhältnismäßig **dünn** (Fälle III, IV, V): periostale Hypoplasie; die Knochen sind dabei meist auch etwas gekrümmt („geschwungen") (Fall III). Nur selten bleibt bei längerer Dauer der Krankheit dieses Symptom aus, indem die Knochen zur normalen Dicke heranwachsen (Fälle von Reiner, meine Fälle VI und VII), wahrscheinlich dann, wenn die Schmerzen nicht allzu hochgradig, nicht allzu häufig und lang dauernd sind und daher die Bewegungen nicht allzusehr gehemmt sind. Übrigens könnte man bei plump gebauten Individuen (Rasse) eine periostale Hypoplasie der Knochen leicht übersehen.

Erst später, bzw. in geringem Maße bleiben die langen Röhrenknochen auch in ihrem **Längenwachstum** zurück, die Knochen bleiben zu **kurz** (enchondrale Hypoplasie der Knochen). So dürfte z. B. bei unserem Fall II die geringe Körperlänge von 85 cm des vierjährigen Mädchens (statt etwa 92 cm) auf Hemmung des Längenwachstums der Unterextremitäten beruhen. In manchen Fällen der Literatur mit chronischem Gelenkrheumatismus bei Kindern sind die Arme und Beine im Verhältnis zum Rumpf sogar viel zu kurz.

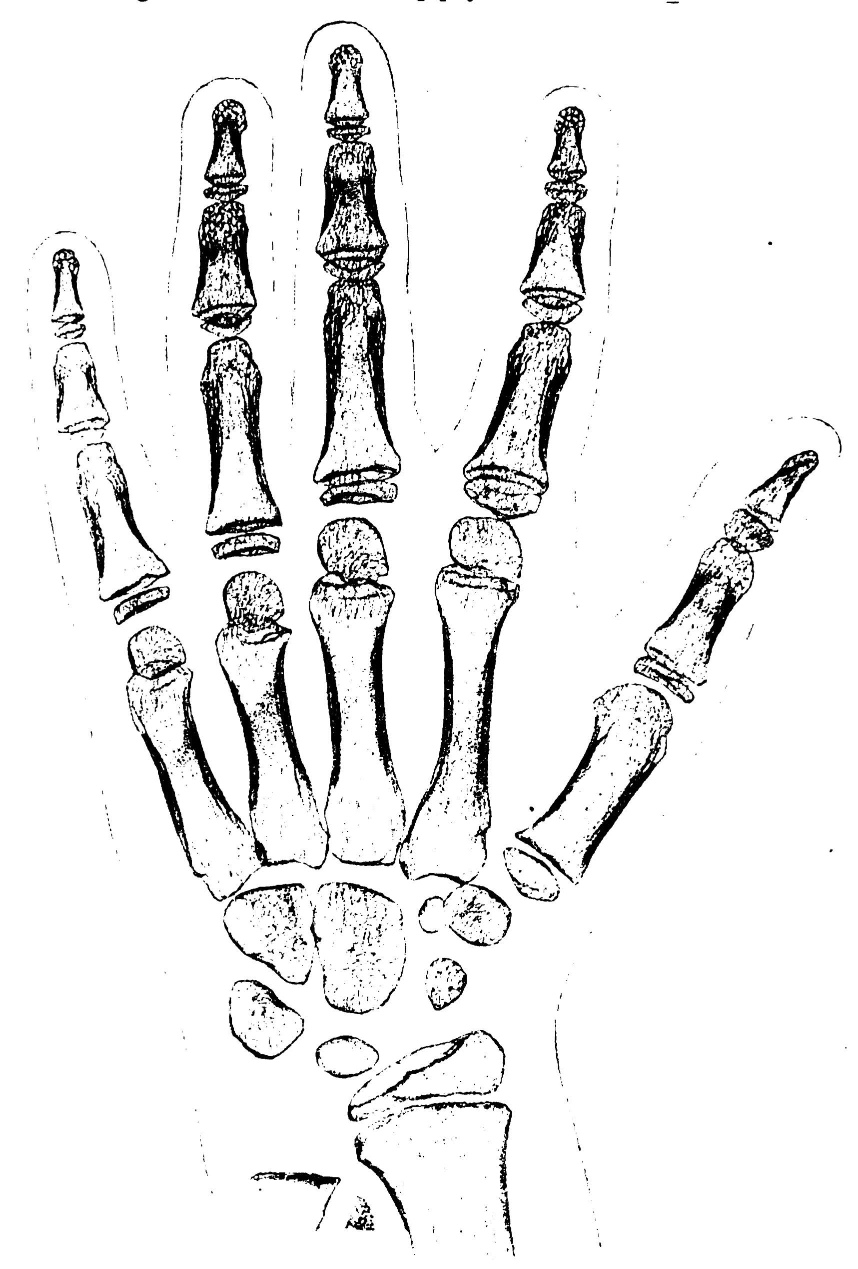


Fig. 6. Rechte Hand eines gleichaltrigen gesunden, allerdings etwas kleineren Knaben zum Vergleich mit Figur 5. Natürliche Größe. (Zeichnung wie bei den früheren Figuren durch A. Kiss.)

Spongiosen engmaschig, Diaphysenkortikalis dick und nicht weiter aufgefasert, Epiphysenfuge am Radius ziemlich breit und gleichmäßig verlaufend (wenig konvex, dabei eben). Knochenkerne in den meisten Karpalien klein — verglichen mit dem abnormen Zustand bei chronischer Polyarthritis in Figur 5 —, auch Ulnaepiphyse noch ganz knorpelig.

Die Wachstumhemmung ist offenbar — ebenso wie die begleitende Osteoporose — eine arthrogene, im wesentlichen reflektorische, sie ist — wie ich mich ausdrücken möchte — als **parainflammatorische Atrophie,** bzw.

parainflammatorische Hypoplasie oder — wie es allgemein üblich ist — als **Inaktivitätsatrophie** bzw. **Inaktivitätshypoplasie** der Knochen durch Gelenkentzündung zu bezeichnen; sie entspricht auch in ihrem morphologischen Typus, mit der charakteristischen Disproportion in der Größe der Epi- und Diaphysen, der sogenannten Inaktivitätsatrophie bzw. Inaktivitätshypoplasie des Skelettes, welche bei Kindern mit anderen mit Inaktivität der Glieder einhergehenden Krankheiten (speziell Lähmungen) angetroffen wird.

Der **Ossifikationszustand** des Skelettes ist bei längerer Dauer der Krankheit kein normaler, die Ossifikation bleibt aber keineswegs zurück, sie **eilt** vielmehr **voraus.** Es war dies in allen meinen Fällen mit längerer Dauer der Krankheit zu beobachten. Die Veränderung zeigt sich in einem zu frühzeitigen Auftreten von Knochenkernen im Gelenkskelett (z. B. in dem Befunde von zu vielen Kernen in der Hand- und Fußwurzel bei jüngeren Kindern), beziehungsweise im Vorhandensein von zu großen Kernen, wenn man das Bild mit Aufnahmen von gleichaltrigen gesunden Kindern vergleicht. Ferner verlaufen bei den älteren Kindern mit chronischer Polyarthritis — etwa vom 7. oder 8. Lebensjahre an — die Konturen der Epiphysenfugen eigentümlich wellig oder wellig-zackig, was normalerweise erst etwa dem 10. Lebensjahre entsprechen würde. (Bei normalen Kindern im Alter von zirka 10 Jahren beginnen die Epiphysenfugen ihre geraden Konturen zu verlieren und werden wellig; diese Unregelmäßigkeit nimmt noch in den folgenden Jahren bis zur vollkommenen Verschmelzung der Epiphysen mit den Diaphysen mit 16 oder 18 Jahren, und zwar allmählich zu.) Durch die Atrophie der Knochen treten bei unserer Krankheit die Unregelmäßigkeiten besonders deutlich zutage. Johannessen, welcher in einem Fall von chronischem Gelenkrheumatismus bei einem Kind den Sektionsbefund erhob, schildert die Epiphysenzonen als abnorm: die Epiphysenlinien sind unregelmäßig gebuchtet, zum Teil sind Knorpelzellen und Knochenbälkchen durcheinander gemischt, dabei besteht Osteoporose mit sehr feinen Knochenbälkchen und großen Hohlräumen. Offenbar geht mit der vorzeitigen Ossifikation der Fugen eine Hemmung des Längenwachstums der Extremität einher. Johannessen ist, ebenso wie Spitzy und Hoppe-Seyler in analogen Fällen von chronischem Gelenkrheumatismus bei Kindern mit Wachstumshemmung (Verkürzung) der Extremitäten geneigt, die Veränderung durch Übergreifen des Entzündungsprozesses von dem Gelenkinneren auf die Epiphysenzone zu erklären. In den entsprechenden Röntgenbefunden in unseren Fällen — und wohl auch in den meisten ähnlichen fremden Beobachtungen — ist aber m. E. meist nichts anderes als das Bild einer vorausgeeilten Ossifikation zu sehen. Diese Erscheinung ist so wie die gleichzeitige Knochenatrophie an sich nicht entzündlich, sondern stellt nur eine Nachbarwirkung der Entzündung dar, sie also parainflammatorisch und wird vor allem reflektorisch erzeugt.

In manchen von unseren Fällen (z. B. bei **VI**) zeigen sich an den langen Röhrenknochen eigentümliche Störungen der Knochenbildung anderer Art, sogenannte **„Epiphysenmarken“**, d. h. scheibenförmige Spongiosaverdichtungen in den Metaphysen, quer verlaufend, streng parallel zu den Epiphysenfugen, im Bilde als quer hindurchziehende dunkle Linien sichtbar. Manchmal finden sich zwei oder selbst drei solche Linien nahe aneinander. Es sind dies Befunde, die bei Kindern zum Bild „chronische Knochenatrophie“ gehören und auch bei Ernährungsstörungen des Skeletts durch andere Ursachen vorkommen.

Vor **fehlerhafter Deutung der Röntgenbefunde** bei der chronischen Polyarthritis der Kinder soll gewarnt werden. Es können hier nämlich leicht die verschiedensten Irrtümer vorkommen.

So werden z. B. Aufnahmen von in Beugekontraktur befindlichen, im übrigen normalen (nicht destruierten) Gelenken mit Strahlenrichtung von der Streck- zur Beugeseite oder umgekehrt (von vorne nach hinten bzw. von hinten nach vorne) oft falsch gedeutet. Es wird in dorso-volaren Handaufnahmen bei Beugekontraktur des Handgelenkes und der Finger die

eigentümliche Form und das Übereinanderfallen der Knochenschatten auf Deformation und Destruktion der Knochen zurückgeführt und die verkürzt dargestellten Fingerknochen werden als wirklich verkürzt und subluxiert angesehen, während in Wirklichkeit alle diese Knochen nur durch die ungünstige Projektion bei Beugestellung der Gelenke derartig abgebildet erscheinen. Bei Kniegelenken in Beugekontraktur ohne Destruktion wird in den antero-posterioren Aufnahmen durch die Berührung oder sogar Überschneidung des Femurkondylenschattens mit dem Schatten der Tibiaepiphyse ein Fehlen der Menisci oder gar eine Synostose vorgetäuscht, während die eigentümlichen Bilder in Wirklichkeit einfach durch die Beugestellung des Gelenkes zustande kommen.

Auch seitliche Aufnahmen von gebeugten oder gestreckten Gelenken geben, wenn die Strahlenrichtung eine schräge ist (z. B. Kniegelenkaufnahmen mit Stellung der Röhre zu weit proximal oder zu weit distal, zu weit vorne oder zu weit hinten), zu ähnlich irrtümlicher Deutung Veranlassung.

Ferner erscheinen in Aufnahmen von gebeugten Gelenken mit Strahlenrichtung von der Streck- zur Beugeseite porotische spongiöse Knochen (z. B. in Handaufnahmen die Karpalien), dadurch daß sie bei der Aufnahme zu weit von der photographischen Platte entfernt liegen, namentlich wenn zugleich die Röhre ziemlich nahe zum Körperteil angebracht wird, verschwommen, sowohl in den Konturen als auch in der Struktur; aus solchen Aufnahmen darf man keineswegs auf eine Auffaserung der Knochenoberflächen und Entzündung im Innern schließen.

Wie oben bemerkt wurde, erscheinen die Epiphysenfugen auch bei gesunden älteren Kindern (über 10 Jahre) wellig oder wellig-zackig begrenzt; bei Kindern mit chronischer Polyarthritis eilt nun die Ossifikation des Skeletts voraus, die Fugen werden bereits im 7. oder 8. Jahr unregelmäßig, man darf daher in jenen Fällen aus den Röntgenbefunden keineswegs auf eine Erkrankung der Zonen schließen — wie es bereits vorgekommen ist. Ferner täuschen dem Nichtfachmann kleine, in den ersten Anfängen unregelmäßige oder zwar größere, aber geteilte (multiple) Knochenkerne in den Epiphysen, in Hand- und Fußwurzel, leicht tuberkulöse oder syphilitische Herde vor.

Endlich kann es große Schwierigkeiten bereiten, an den Gelenkknochen oberflächliche Rauhigkeiten und kleine Defekte als solche zu erkennen; auch noch zu entscheiden, durch welche Art von entzündlichem Granulationsgewebe (Kokkenerkrankung, Tuberkulose, Syphilis) die Veränderungen erzeugt seien, dürfte gewöhnlich nicht möglich sein, die Entscheidung wird vielmehr meist erst durch Berücksichtigung anderer Momente getroffen werden können.

Schließlich dürfen im Bilde durchsichtig, blasig oder streifig (aber nicht defekt!) erscheinende Knochen (Hand- und Fußwurzel, Epiphysen, Diaphysen), auch wenn die Erscheinung einen hohen Grad erreicht hat, nicht als entzündet, speziell als von Karies befallen angesehen werden — was minder Geübten passieren kann —, sondern es soll darin einfach das Bild der Knochenatrophie, Osteoporose erkannt werden.

Vergleicht man die Ergebnisse des Studiums der fremden Fälle mit denen der eigenen Fälle, so wird man außer der Übereinstimmung in vielen Punkten finden, daß die neuen Untersuchungen wertvolle Befunde ergeben haben und einen besseren, wenn auch noch immer recht unvollständigen Einblick in das Wesen des „chronischen Gelenkrheumatismus“ bei Kindern gewähren.

Der Wert der Röntgenuntersuchung ist hier — wie bei so vielen anderen Krankheiten — ein großer. Es gelingt dadurch nämlich, die Art und Ausdehnung der anatomischen Veränderungen in den Gelenken, wofür ja klinisch keine genügenden Zeichen gefunden werden können, zu erkennen; speziell kann man nun die Frage beantworten, ob eine gröbere Zerstörung der Knorpel und Knochen, ferner ob eine Synostose der gegenüberliegenden Gelenkflächen vorliege, manchmal auch, ob der Prozeß noch florid oder aber bereits

abgelaufen sei; es ist dies für die Entscheidung, ob eine mechanotherapeutische Behandlung einzuleiten sei, von großer Bedeutung. Weiterhin kann zuweilen erst mit Röntgenstrahlen die Natur der Krankheit ergründet werden; wenn es sich um Syphilis handelt, ist bekanntlich die Einleitung einer antisyphilitischen Behandlung dringend indiziert, eine durch längere Zeit progredierte Gelenkerkrankung kann dann in kurzer Zeit nicht nur zum Stillstand, sondern sogar zur Heilung gebracht werden; wenn es sich dagegen um Tuberkulose handelt, so ist zunächst eine lokale Lichtbehandlung (vor allem mit Röntgenlicht) vorzunehmen und daran womöglich eine Allgemeinbehandlung in Höhenkurorten oder am Meere anzuschließen — Betrachtungen, die übrigens außerhalb des Rahmens dieser Arbeit fallen.

Literaturangaben folgen in einer späteren Arbeit (Manuskript bereits eingesandt).

Figuren in Band XXIII auf Tafel XIII und XIV.

Figur 1 . . . Fall II.
„ 2—4 . . . „ III.
„ 5—6 . . . „ IV, erste Untersuchung.
„ 7—9 . . . „ IV, zwei Jahre später.
„ 10—12 . . . „ V.
„ 13—15 . . . „ VI.

Figuren in vorliegendem Band XXIV auf Tafel V.

Figur 1—6 . . . Fall VII.
„ 7—12 . . . „ VIII.

Nachtrag bei der Korrektur. **Weiterer Verlauf im Fall IV** nach einem Brief des Vaters der Patientin vom 28. IV. 1916.

Bald nach der letzten Röntgenuntersuchung im Jahre 1904 wurde von Professor v. Friedländer in Narkose eine Streckung der Hüft- und Kniegelenke vorgenommen; die Gelenke wurden dann recht gut, wenn auch nicht vollkommen normal, beweglich.

In den folgenden Jahren gebrauchte das Mädchen Mutterlaugenbäder und hielt sich während der Sommermonate in einem Seebad an der Adria (Porte Rose) auf. Sie entwickelte sich im ganzen recht gut, auch am Gange konnte man nur mehr wenig vom früheren Leiden merken; die Finger-, Hand-, Ellbogen- und Schultergelenke waren sogar völlig frei.

Zu Weihnachten 1909 (11 Jahre alt) erkrankte Patientin neuerdings an einer fieberhaften Krankheit, und zwar mit sehr hohen Temperaturen, ohne Gelenkschwellungen; Typhus-, Tuberkulose- und Syphilis-Proben waren ergebnislos. Nach vier Monaten besserte sich der Zustand und zu Ostern war das Mädchen wieder außer Bett.

Dann wurde sie aber — zugleich mit anderen Familienmitgliedern — von Masern befallen und daran anschließend trat Lungenentzündung auf und es folgte nun wieder ein langdauernder fieberhafter Zustand mit Temperaturen von 41°, von Untertemperaturen abgelöst. Dieser Zustand blieb nun bis zum Tod (9 Monate später) bestehen; es waren auch diesmal keine Gelenkschwellungen vorhanden, auch keine chronische Lungenaffektion. Wahrscheinlich handelte es sich um Tuberkulose, darüber waren übrigens die Ärzte untereinander nicht einig. Das Mädchen starb am 9. Januar 1911 ($12^1/_2$ Jahre alt).

Bei dem Falle war also die Gelenkaffektion nach zirka dreijährigem Bestande ausgeheilt, doch traten später noch wiederholt langdauernde, fieberhafte Zustände auf, ohne daß man die Lokalisation der Entzündungsprozesse bestimmen konnte. Das Mädchen ging endlich an der Krankheit zugrunde, etwa 9 Jahre nach dem ersten Auftreten der Gelenkaffektion. Es wurde keine Sektion vorgenommen.

Correspondenz[1]).

Der Unterzeichnete teilt hierdurch mit, daß er von Klopstockstraße 10 verzogen, und seine Adresse nunmehr die folgende ist:

Prof. Albers-Schönberg
Allgemeines Krankenhaus St. Georg, Hamburg 5

ergebenst
Prof. Albers-Schönberg.

Bücherbesprechung.

Erich Marx: **Handbuch der Radiologie.** 3. Band. 618 Seiten. Leipzig, Akad. Verlagsgesellschaft m. b. H. 1916. Preis M. 34. —.

Das Handbuch der Radiologie ist ein groß angelegtes, von einer Reihe erster Fachleute bearbeitetes Werk über die Physik des Elektrons und der verwandten Erscheinungen. Es ist auf sechs Bände berechnet, der zweite bereits erschienen und auch schon in den Fortschritten Bd. XXII, S. 146 besprochen. Der vorliegende dritte Band enthält „die Glimmentladung" von E. Gehrcke und „die positive Säule" von R. Seeliger, d. h. also im wesentlichen die Entladungserscheinungen eines Vakuumapparates im sogenannten Geißlerschen Stadium, ferner an dritter Stelle noch „die Lichtelektrizität" von W. Hallwachs. Man kann nun wohl behaupten, daß hiermit die ausführlichsten Darstellungen der genannten beiden Gebiete vorliegen, und die Namen der drei Verfasser bürgen auch dafür, daß diese Darstellungen dem gegenwärtigen Standpunkte unseres Wissens auf den genannten Gebieten soweit als möglich gerecht werden. Dies ist aber gerade hier von besonderer Wichtigkeit, da es sich in beiden Fällen um Erscheinungen handelt, welche zum Teil noch recht wenig geklärt sind. Walter (Hamburg).

Internationale Fachliteratur.

a) Vereine und Kongresse.

Röntgen-Vereinigung zu Berlin.

Sitzung 17. XII. 1915 anläßlich der 20jährigen Wiederkehr des Tages der Entdeckung der Röntgenstrahlen.

Ref. **Immelmann,** Berlin.

Die Röntgenvereinigung zu Berlin hatte zu einer besonderen Sitzung eingeladen, um diesem Tage ein feierliches Gepräge zu geben. Die Eröffnungsrede hielt der langjährige Vorsitzende Herr Eberlein.

Hochansehnliche Versammlung!

Zur besonderen Ehre gereicht es mir, Sie, meine hochverehrten Anwesenden, Mitglieder und Gäste, namens der Röntgen-Vereinigung zu Berlin hier in unserer Mitte herzlichst willkommen zu heißen. Ich gebe unserer besonderen Freude darüber Ausdruck, daß Sie heute in so großer Zahl zu uns gekommen sind, um gemeinsam mit uns das Gedenken der 20jährigen Wiederkehr der Entdeckung der Röntgenstrahlen festlich zu begehen.

In ernster, schwerer, eiserner Zeit haben wir Sie zu diesem Feste gebeten. In einen Volkskrieg, in einen heiligen Krieg, der sich wider Erwarten schnell zu einem Weltkrieg ge-

---

[1]) Seitens der Redaktion der Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen ist eine **Auskunftsstelle** für alle auf die Anwendung der Röntgenstrahlen sich beziehenden Angelegenheiten eingerichtet worden. Fragen medizinischer, physikalischer oder technischer Art werden beantwortet und, soweit dieselben von allgemeinem Interesse sind, unter dieser Rubrik publiziert. Alle Anfragen sind direkt an die Redaktion Prof. Dr. Albers-Schönberg, Allgemeines Krankenhaus St. Georg, Hamburg 5, zu richten.

staltet hat, ist unser geliebtes Vaterland verwickelt. Gezeugt schon auf dem Oktoberfelde der Leipziger Schlacht von 1813, geboren bereits unter dem Donner der Geschütze von Sedan und Gravelotte, genährt durch die fortdauernden trügerischen Versicherungen der Friedensliebe unserer teils stammverwandten Nachbarstaaten ist der Weltkrieg langsam, aber so sicher wie im Sommer das Korn auf dem Felde herangereift dadurch, daß Frankreich seine Revanchegelüste endlich befriedigen wollte, daß Rußland glaubte, der nächste Weg nach Konstantinopel führe über Berlin und Wien und daß unseres Volkes Fleiß und Tüchtigkeit Englands, unseres verbissensten und grimmigsten Neiders und Hassers Weltherrschaft zu erschüttern drohte. Wer tiefer hinter die Kulissen der politischen Weltbühne schauen konnte, wußte, daß der unvermeidliche, letzte Kampf um die Führung der Kulturgemeinschaft der weißen Rasse kommen mußte, wenn er auch nicht ahnen konnte, daß dieses Weltringen einen so gewaltigen Umfang annehmen würde. Als dann der so lange vorhergesehene und erwartete Krieg doch plötzlich über uns hereinbrach, dem deutschen Volke die Schicksalsstunde, die Stunde der Befreiung von beängstigender Ungewißheit brachte, beobachteten wir in wunderbarer Weise das Wiedererwachen, die Festigung und die Erstarkung des deutschen nationalen Empfindens, des deutschen Selbstbewußtseins, des Staatsbewußtseins in der Masse, daß Volk und Staat ein einiges untrennbares, seiner Stärke sich bewußtes Ganzes bildeten. Mit überraschender Präzision setzte das gigantische Ringen ein und nahm eine sagenhafte gewaltige Größe und Ausdehnung an. Doch je größer die Zahl unserer Feinde wurde, die über uns hereinbrach, uns zu erdrücken, zu zermalmen suchte, desto größer, desto gewaltiger wuchsen und entfalteten sich die Kräfte unserer Nation, desto stärker steigerten sich die Leistungen unserer Brüder im Felde zu fast übermenschlichen Taten, desto ernster und zielbewußter gestalteten sich die Handlungen der Daheimgebliebenen.

16 Monate sind inzwischen verstrichen, 16 schwere, unendlich schwere Monate. Was sich in der langen Zeit, auf den blutgetränkten Schlachtfeldern des Westens und auf den unter deutschen Soldatenschritten erzitternden, unermeßlichen Ebenen des Russenlandes zugetragen hat, wir alle haben es ja miterlebt. Erhobenen Herzens haben wir vernommen, daß mit den vereinten schwarz-weiß-roten und schwarz-gelben Bannern sich der türkische Halbmond und die weiß-grün-roten Farben der Bulgaren vereinigt haben. Die beiden Hauptstädte Serbiens sind gefallen, deutsche und österreich-ungarische Truppen errangen zum ersten Male an der Seite von slawischen Soldaten Sieg auf Sieg. Der eiserne Faustschlag Deutschlands und seiner Verbündeten dröhnt an der Pforte des Orients. An der Geburtsstätte Konstantins des Großen reichen Orient und Okzident sich die Hände, ein Symbol dafür, daß wiederum ein weltgeschichtlicher Gegensatz, der Jahrhunderte durchwaltete, überbrückt worden ist.

Seit 16 Monden messen Nationen sich mit Nationen „im eisernen Würfelspiel“ und noch ist in diesem Menschenschlachten kein sicheres Ende abzusehen. Trotz des siegreichen Vordringens unserer Truppen, trotz des zähen Festhaltens des in heißem Kampfe Eroberten läuten uns noch immer nicht die Friedensglocken, haben vielmehr Feldheer wie Daheimgebliebene nicht nur einen neuen Kriegswinter vorbereiten müssen, sondern rüsten bereits wieder zu einem neuen Sommerfeldzug. Nach wie vor ist Deutschland fest entschlossen, mit aller ihm zu Gebote stehenden Macht den Kampf um den Bestand des Reiches, um unsere nationale Ehre zu führen, zu führen bis zu einem siegreichen, ehrenvollen, dauerhaften, der ungeheueren Opfer würdigen Frieden. Mit ruhigem Vertrauen blicken wir alle in die Zukunft, in der felsenfesten Zuversicht, daß unserer gerechten Sache die Siegespalme zufallen muß.

Worauf beruht diese innere Stärke, dieses außerordentliche Selbstvertrauen? Mit der Mobilmachung der Waffen vollzog sich in den denkwürdigen Augusttagen des Jahres 1914 auch eine Mobilmachung der Seelen, die jene erhebende, das gesamte Volk einigende und alle Standes- und Parteiunterschiede verwischende Begeisterung auslöste. Sie zeitigte den „Geist von 1914/15“, den Geist der Einigkeit, der Liebe und Treue zu Kaiser und Reich, der ernsten Pflichterfüllung und der Hochhaltung aller Ideale, den Geist, den auch die Truppen mit hinausgenommen haben ins Feld, den „Schützengrabengeist“, der unsere braven unübertreffbaren

Feldgrauen in edler, treuer Kameradschaftlichkeit begeistert und sie so gewaltige Taten vollbringen hilft, den Glauben, der als unvergängliches Erbteil der großen Zeit unserem Volke erhalten bleiben wird. Wer nicht mit hinausziehen konnte in das Feld, war als unabkömmlich zurückgehalten oder wieder zurückberufen wurde, stellte seine Kraft daheim in den Dienst der Allgemeinheit, sorgte dafür, daß das Leben im Innern des Vaterlandes in vollem Umfange aufrechterhalten wurde, daß die Truppen vorn an der Front mit allen Bedürfnissen versorgt wurden, daß jeder von ihnen die Gewißheit haben konnte, daß das, was er bei seinem Auszug hier zurücklassen mußte, geschützt, beschirmt und erhalten wird. War es uns Daheimgebliebenen in der ersten Zeit des Krieges schmerzlich, nicht an der Front wirken zu können, so wurde uns mit der längeren Dauer des Ringens bald die Erkenntnis Gewißheit, wie hoch auch unsere Tätigkeit in der Heimat einzuschätzen ist.

Angesichts des ungeheueren Weltkrieges drängt sich uns wohl die Frage auf: Sind wir berechtigt, in dieser ernsten, schweren Zeit einen Tag wie den heutigen festlich zu begehen? Ich beantworte diese Frage mit einem unbedingten Ja! und glaube, wir sind hierzu sogar verpflichtet.

Wenn auch zunächst die gewaltigen und andauernden Erfolge der deutschen Truppen in erster Linie auf der unvergleichlichen Tapferkeit und dem todesmutigen Vorgehen unserer Feldgrauen beruhen, so gebührt hieran doch auch der deutschen Technik und Wissenschaft ein hervorragender Anteil, denn die deutsche Waffe ist von der Technik gehämmert und von der Wissenschaft geschliffen. Mit der längeren Dauer des Krieges und insbesondere beim Eintritt des sog. Stellungskrieges zeigte sich immer deutlicher, welche hervorragenden, bislang ungeahnten Hilfsmittel unsere Technik und Wissenschaft den Armeen geboten haben, ja der moderne Krieg wurde nicht mit Unrecht als ein Kampf der Technik und Wissenschaft bezeichnet. Deshalb kann und soll die Wissenschaft auch in dieser ernsten Zeit ihre Gedenktage in würdiger, ernster Form begehen. Zu den Wissenschaften, welche sogleich mit dem Ausbruch des Krieges sich in den Dienst des Vaterlandes gestellt haben, gehört aber auch die Röngenologie, die in diesem Kriege hervorragende Erfolge erzielte, außerordentlich segensreich gewirkt hat.

Es kommt hinzu, daß der heutige Gedenktag zugleich ein Tag des Dankes sein soll, ein Tag der Dankbarkeit gegen den Entdecker dieser nach ihm benannten eigenartigen Strahlen und gegen die große Schar der wissenschaftlichen Arbeiter, welche in den verflossenen 20 Jahren an dem gewaltigen Ausbau der Röntgenwissenschaft und Röntgentechnik gearbeitet, denselben bis zu der heutigen Höhe gefördert haben. So wird der heutige Gedenktag der 20jährigen Wiederkehr der Entdeckung der Röntgenstrahlen dadurch, daß wir denselben in dieser schweren, eisernen Zeit begehen müssen, nur an Tiefe, Innerlichkeit und Bedeutung gewinnen.

Hochansehnliche Versammlung! Wer von uns bereits die Zeit wissenschaftlich-selbsttätig mit erlebt hat, als Exzellenz v. Röntgen im Dezember 1895 mit seiner epochemachenden Mitteilung: „Über eine neue Art von Strahlen" in der physikalisch-medizinischen Gesellschaft zu Würzburg hervortrat, wird sich noch des überraschenden und überwältigenden Eindrucks erinnern, den diese Kunde überall hervorrief. Mit Freuden fand daher der Vorschlag, den Geheimrat v. Köllicker an gleicher Stelle in der Sitzung vom 23. Januar 1896 machte, die neuartigen Strahlen, die sog. X-Strahlen nach ihrem Entdecker Röntgenstrahlen zu nennen, allseitige Zustimmung. Der Entdecker der Röntgenstrahlen beschränkte sich darauf, den physikalischen Eigenschaften und Sonderheiten dieser Strahlen in streng wissenschaftlicher Art und Form zu ergründen, ließ aber die Frage der eventuellen Verwertbarkeit derselben für die Medizin und Technik unerörtert. Angeregt jedoch durch die zahlreichen Wünsche und weitgehenden Hoffnungen, welche allgemein an diese neuen Strahlen geknüpft wurden, hat ein Heer von Ärzten, Physikern und Technikern, von Männern der Wissenschaft und der Industrie seine ganze Arbeitskraft darangesetzt, die Röntgenstrahlen für die Medizin und Technik nutzbar zu machen. Heute nach 20 Jahren können wir mit Stolz aussprechen, daß die damaligen kühnsten Hoffnungen weit übertroffen sind. In allen Spezialfächern der Menschenheilkunde, wie in der Zahnheilkunde und in der Tierheilkunde sind die Röntgenstrahlen

sowohl in der Diagnostik wie in der Therapie ein unersetzliches und unentbehrliches Hilfsmittel geworden, und zwar nicht nur in stiller, ruhiger Friedenszeit in wohleingerichteten Laboratorien, sondern auch, und mit Genugtuung und Stolz wollen wir dies hervorheben, in den bewegten Zeiten des gegenwärtigen Weltkrieges. Die Segnungen der im Frieden begründeten und vervollkommneten Röntgenologie kommen jetzt insbesondere in erster Linie auch unseren verwundeten Feldgrauen zugute. Nicht nur in den Lazaretten in der Heimat und in den Etappen, sondern auch in den bis nahe an die feindliche Front vorgeschobenen Feldlazaretten stiften die Röntgeneinrichtungen außerordentlichen Segen. Welchen Nutzen und welchen weitgehenden Ausbau die Diagnostik und die Therapie in den verflossenen zwei Jahrzehnten durch die Verwendung der Röntgenstrahlen erfahren haben, in welcher hervorragenden Weise die Technik in dieser Zeit für die Vervollkommnung des Instrumentariums gesorgt hat, werden wir sogleich in besonderen Vorträgen hören. Dem Zusammenarbeiten der Wissenschaft und Technik verdanken wir es auch, daß durch die genialen Schutzmaßregeln für den Patienten wie für den Arzt den Röntgenstrahlen die schädigenden Eigenschaften genommen sind.

Bei dem weitgehenden und allseitigen Interesse, welches von Anfang der neuen Wissenschaft entgegengebracht wurde, kann es nicht wundernehmen, daß der schöpferische Geist der Wissenschaft und der Technik sehr bald eine außerordentliche Fülle und Mannigfaltigkeit von Beobachtungen, Forschungen und Anregungen hervorbrachte. Es stellte sich deshalb frühzeitig das dringende Bedürfnis heraus, für die auf der Röntgenschen Entdeckung beruhenden Arbeiten und Arbeitsmethoden durch Begründung von Vereinigungen Sammelstätten zu schaffen und so durch wechselseitigen Austausch die Wahrnehmungen, Forschungsergebnisse und Erfahrungen gegenseitig nutzbar zu machen. So entstand als erste Vereinigung unsere Vereinigung, die Röntgen-Vereinigung zu Berlin, welche am 4. März 1898 begründet wurde und schnell emporblühte. Es war ein glücklicher Gedanke, in dieser Vereinigung Ärzte, Physiker und Techniker zusammenzuschließen, hierdurch den Verhandlungen und dem Meinungsaustausch von vornherein einen fruchtbaren zu geben und Praxis, Theorie und Technik miteinander zu vereinigen. Auch an anderen Orten wurden Röntgenvereinigungen mit demselben Ziele gegründet.

Die Röntgenologie entwickelte sich jedoch sehr bald derart, daß die Sondervereinigungen ihren Zweck nicht mehr erfüllen konnten. Unsere Röntgen-Vereinigung faßte deshalb in ihrer Sitzung am 30. Oktober 1903 den denkwürdigen Beschluß, anläßlich der zehnjährigen Wiederkehr der Entdeckung der Röntgenstrahlen zu einem Röntgen-Kongreß verbunden mit einer Röntgen-Ausstellung, nach Berlin einzuladen. Vielen unter uns erschien das Unternehmen zu kühn, zu gewagt. Doch daß wir mit unserer Anregung einem allgemeinen Bedürfnis entsprochen hatten, erhellte aus der Tatsache, daß die Teilnahme an dem Kongresse, die Zahl der gehaltenen Vorträge und die Beteiligung an der Ausstellung geradezu glänzend war. Kongreß und Ausstellung fanden in der Zeit vom 30. April bis 3. Mai 1905 in Berlin statt. 512 Teilnehmer waren aus fast allen Staaten Europas sowie aus Amerika herbeigeeilt und nicht weniger als 70 Vorträge von durchweg hervorragender Bedeutung sind gehalten worden. Die Ausstellung mit einer medizinischen, einer physikalisch-technischen und einer Literatur-Abteilung bot eine außerordentliche Fülle. Unter den auf dem Kongresse gefaßten Beschlüssen ist als weittragendster der, die Gründung der Deutschen Röntgen-Gesellschaft betreffenden, hervorzuheben: „Um die Röntgenkongresse zu einer ständigen Einrichtung werden zu lassen und dem Bestreben des weiteren Ausbaues der Röntgenologie in wissenschaftlicher und sozialer Beziehung in Deutschland einen festen Mittelpunkt zu schaffen", begründeten am 2. Mai 1905 neun Teilnehmer des Kongresses, darunter drei Mitglieder unserer Vereinigung, die Deutsche Röntgen-Gesellschaft. 175 weitere Kongreßteilnehmer schlossen sich den Gründern an, so daß die neue Gesellschaft mit 184 Mitgliedern in das Leben trat. Freudig und neidlos hat unsere Vereinigung die Führerschaft der deutschen Röntgenologen der großen Tochter abgetreten, uns allen erfüllte das Ergebnis des I. Röntgen-Kongresses mit stolzer Befriedigung.

Zu einer achtunggebietenden Größe hat die Deutsche Röntgen-Gesellschaft sich sehr schnell entwickelt und von Jahr zu Jahr ist sie gewachsen. Im Jahre 1914 umfaßte sie bereits nicht weniger als 787 Mitglieder. Ihre alljährlich zu Ostern wiederkehrenden Kongresse bilden den Mittelpunkt der röntgenologischen Wissenschaft und Technik. Besonders glanzvoll verlief der 10jährige Jubiläumskongreß und die mit demselben verbundene Ausstellung am 19.—21. April 1914.

Meine hochverehrten Anwesenden! Was die deutsche Röntgenwissenschaft in den ersten zwei Jahrzehnten ihres Bestehens erarbeitet hat, hat sie im Frieden erarbeitet. Ernste Wissenschaft gebraucht zu ihrem Gedeihen, Frieden und Ruhe. Der unserem Vaterlande aufgezwungene Krieg hat unsere Forschungsinstitute stillgelegt. Ihre Leiter und Jünger befinden sich daheim oder im Felde im Dienste des Vaterlandes. Und doch wird der Krieg auch der Röntgenologie ein Präzeptor sein. Er bietet ihr die Möglichkeit der Erprobung und der Nutzanwendung des in stiller Friedensarbeit Errungenen im großen, gibt ihr die Gelegenheit, ihre hervorragende Bedeutung für die Kriegschirurgie darzutun, durch die sie ihrerseits wertvolle Anregungen erfahren wird. Neue Aufgaben werden deshalb der Röntgenwissenschaft erwachsen, wenn der heiß ersehnte Friede wieder eingezogen ist, der aber nur ein der deutschen Ehre würdiger, dauerhafter Friede sein kann. Diesen Aufgaben wollen wir uns dann mit allen Kräften widmen. In dieser Festesstunde aber lassen Sie uns unserem erhabenen Herrscher und unserem teueren Vaterlande das Gelöbnis unverbrüchlicher Treue und vollster Hingebung erneuern.

Herr Immelmann:

Sie haben soeben aus dem Munde unseres Herrn Vorsitzenden treffliche Worte des Dankes gehört, den wir dem Entdecker der X-Strahlen zollen müssen.

Wenn wir heute in unserem Fachkreise der 20jährigen Wiederkehr des Tages gedenken, der uns das Wunder brachte, dann wollen wir uns, gleichsam im Extrakt, kurz vor Augen führen, welch ungeahnten Einfluß die Röntgenstrahlen auf die Medizin in diagnostischer und therapeutischer Beziehung gehabt haben, aber auch besonders hervorheben, daß dies nur dadurch möglich war, daß unsere Physiker und Techniker unentwegt an der Vervollkommnung der Röntgenapparate gearbeitet und geradezu Vollendetes geschaffen haben.

Meine Damen und Herren, wie die pathologische Anatomie die Grundlage unseres medizinischen Denkens ist, so stellen die Röntgenstrahlen die Kontrolle unseres medizinischen Wissens dar. Nicht etwa, als ob durch sie das medizinische Studium verflacht wäre, ob der Arzt die bisher geübten klinischen Untersuchungsmethoden nicht mehr zu üben brauche. Nein, im Gegenteil, er wird durch ihre Existenz zu immer größerer Exaktheit angeregt. Die Möglichkeit, sich der Röntgenstrahlen zur Unterstützung der Diagnosenstellung zu bedienen, ist jetzt mehr oder weniger jedem Arzt möglich. Wir wissen alle, wie selbst draußen im Felde reichlich Gelegenheit zu ihrer Anwendung gegeben ist. Hand in Hand mit dieser Besserung der Diagnosenstellung ist die Entfaltung der Behandlung von Krankheiten gegangen und hieran haben wohl alle Zweige der Heilkunde gleichen Anteil. Wie hoch der Wert der Röntgenstrahlen in dieser Beziehung anzuschlagen ist, erhellt am besten aus der Tatsache, daß unsere Kliniker in ihren Vorlesungen und Demonstrationen die Röntgenplatte so oft wie nur möglich heranziehen. So wird dem angehenden Mediziner von Anfang an die Bedeutung der Röntgenstrahlen vor Augen geführt, daß er ihren Wert beurteilen lernt und in seiner späteren Praxis vor Fehldiagnosen soweit wie möglich bewahrt bleibt. Im Vollbesitz dieser Hilfsmittel können wir jetzt erst recht ermessen, wie schwer es die Ärzte vor der Röntgenära hatten.

Wer denkt aber nicht heute ganz besonders unserer Verwundeten, deren Verletzungen durch die Röntgenstrahlen besser erkannt und demnach besser behandelt werden können. Erst der letzte kriegsärztliche Abend vor 8 Tagen war den Röntgenstrahlen gewidmet und hatte den Zweck, Mittel und Wege anzugeben, die im Körper stecken gebliebenen Kugeln zu finden

und ihren Sitz so genau festzustellen, daß sie von dem operierenden Arzte sicher gefunden und entfernt werden können.

Wir alle hier kennen den Umfang der Anwendung der Röntgenstrahlen zu diagnostischen Zwecken. Um so mehr werden Sie mit mir ihren Wert schätzen und heute am Jubiläumstage, den wir dem Ernste der Zeit angepaßt ohne Äußerlichkeiten begehen, voll Dankes „unseres“ Röntgen gedenken.

Herr H. E. Schmidt: **Röntgentherapie.**

Wenn sich eine Behandlungsmethode in nunmehr fast 20 Jahren so ausgezeichnet bewährt hat, wie die Röntgentherapie, dann kann man jedenfalls sagen, daß sie aus dem Stadium einer „Modebehandlung“ heraus ist und eine bleibende Bereicherung unseres medizinischen Heilschatzes darstellt.

So ist es denn wohl lohnend, sich heute — 2 Dezennien nach der Entdeckung Röntgens — zu vergegenwärtigen, was wir den Röntgenstrahlen als Heilmittel verdanken.

Am meisten geschätzt werden die Röntgenstrahlen von den Dermatologen, denen sie geradezu unentbehrlich geworden sind. Fast alle chronischen Hauterkrankungen werden heute am zweckmäßigsten von vornherein mit Röntgenstrahlen behandelt, und der Salbentopf erscheint uns beinahe als ein Residuum aus dem Mittelalter, das nur noch selten zur Anwendung kommt.

Die Röntgenbestrahlung ist bei den meisten dermatologischen Affektionen schon darum jeder anderen Behandlung überlegen, weil sie ohne jede Belästigung, ohne Schmerzen und außerdem schneller und sicherer zum Ziele führt. Außerdem wirkt sie bei vielen Erkrankungen nicht nur symptomatisch wie die Salbenbehandlung, sondern ätiologisch, z. B. bei der Seborrhoea oleosa, der Hyperhidrosis und der Hypertrichosis; bei dem Hautkrebs hat sie sich auch dem Messer des Chirurgen überlegen gezeigt, und bei der Mycosis fungoides ist sie die einzige Therapie, die überhaupt in Frage kommt, und bei dieser sonst immer zum Tode führenden Erkrankung in manchen Fällen anscheinend eine völlige Heilung, jedenfalls aber sicher eine Verlängerung des Lebens um viele Jahre erzielt.

Wenn auch auf anderen Gebieten der Medizin die Anwendungsmöglichkeit der Röntgenstrahlen nicht so groß ist wie in der Dermatologie, so kann doch weder die innere Medizin, noch auch die Chirurgie und die Gynäkologie auf dieses Heilmittel verzichten.

In der inneren Medizin ist es die Leukämie und die Pseudoleukämie, bei denen die Röntgenbehandlung die Therapie der Wahl ist und Erfolge zeitigt, wie sie keine andere Behandlung aufzuweisen hat, und wenn sie auch den schließlichen tödlichen Ausgang nicht verhindern kann, so kann sie doch das Leben der Kranken um viele Jahre verlängern.

Als Spezifikum möchte ich die Röntgenstrahlen für die Behandlung der rheumatischen Ischias empfehlen. Viel zu wenig gewürdigt ist ihre eklatante Wirkung bei chronischen Gelenkentzündungen aller Art. Gute Erfolge sind bei der Syringomyelie berichtet worden.

In der Chirurgie ist es die Tuberkulose der Drüsen, der Knochen und der Gelenke, bei der die Röntgenstrahlen meist eine völlige Ausheilung ermöglichen und dem Messer des Chirurgen eine sehr bemerkenswerte Konkurrenz machen. Sehr gut sind die Erfolge bei der Basedowschen Krankheit.

Die malignen Tumoren werden in günstigster Weise beeinflußt, Haut- und Lippenkrebse häufig definitiv geheilt. Auch bei den Sarkomen sind wohl wirkliche Heilungen möglich. Bei den tiefliegenden Karzinomen kann ich den Optimismus der Gynäkologen nicht teilen. Operable Karzinome darf man meines Erachtens nur dann mit Röntgenstrahlen behandeln, wenn sie der Kontrolle durch Gesicht- und Tastsinn vollkommen zugänglich sind; das ist aber nur bei den Karzinomen der Haut und der Lippen, nicht aber beim Uteruskarzinom der Fall, so daß wir bei den meisten operablen Tumoren die chirurgische Entfernung mit nachfolgender Bestrahlung das Richtige zu sein scheint. Wer heute nach operativer Entfernung eines malignen Tumors nicht eine chronisch-intermittierende, prophylaktische Röntgenbehandlung folgen läßt, begeht eine Unterlassungssünde.

Ein Versuch bei tiefer gelegenen operablen Tumoren scheint mir überall da zulässig, wo die Entfernung des Tumors nur durch eine verstümmelnde Operation möglich ist, und wo erfahrungsgemäß trotz ausgiebiger operativer Eingriffe Rezidive fast die Regel sind, in erster Linie also bei den Lympho- und Osteosarkomen.

Bei allen inoperablen Tumoren bildet die Röntgentherapie eo ipso das ultimum refugium.

In der Gynäkologie haben sich die Röntgenstrahlen bei der Behandlung der Myome und der prä- und postklimakterischen Blutungen ebenfalls dem Messer des Chirurgen überlegen gezeigt. Hier kann man wohl wirklich von $100\,^0/_0$ Heilung sprechen.

In der Ophthalmologie sind günstige Erfolge beim Lupus conjunctivae, beim Trachom, beim Epitheliom der Lider und der Hornhaut erzielt worden, wenn auch die Anzahl der behandelten Fälle noch sehr gering ist. In jedem Falle von Hornhautepitheliom sollte zunächst Röntgentherapie angewandt werden, wenn auch bisher nur ein geheilter Fall publiziert ist.

Dieser eine Fall beweist jedenfalls die Heilungsmöglichkeit, während die bisher geübte Behandlung in der operativen Entfernung des Augapfels bestand.

In der Oto-, Rhino- und Laryngologie kommt die Röntgenbehandlung bei tuberkulösen Prozessen und bei malignen Tumoren in Frage.

Wo so viel Licht ist, fehlt natürlich auch der Schatten nicht. Wie jedes Ding hat auch die Röntgentherapie zwei Seiten.

Neben glänzenden, zum Teil verblüffenden und von keiner anderen Methode erreichten Erfolgen stehen die Schädigungen der normalen Gewebe, in erster Linie der Haut und der blutbildenden Organe.

Was die Hautschädigungen anbelangt, so können wir sie meines Erachtens bei dem heutigen Stande der Dosimetrie sicher vermeiden, wenigstens Reaktionen 2. und 3. Grades dürfen heutzutage nicht mehr vorkommen. Wenn sie vorkommen, ist immer eine zu große Strahlendosis appliziert worden, für die der Arzt verantwortlich ist. Denn eine Idiosynkrasie der Haut gegenüber den Röntgenstrahlen gibt es nach meiner festen Überzeugung nicht.

Dagegen können wir es nicht verhindern, daß sich gelegentlich nach stärkeren Bestrahlungen sogenannte Spätschädigungen in Form von Teleangiektasien oder geringfügiger Atrophie der Haut entwickeln.

Viel bedenklicher erscheint mir die Möglichkeit einer Schädigung der blutbildenden Organe bei länger fortgesetzter oder öfter wiederholter Bestrahlung größerer Körperflächen, wie sie z. B. beim Ekzem und bei der Psoriasis in Frage kommt.

Dauernde und vorübergehende Veränderungen in der Blutzusammensetzung sind bei berufsmäßigen Röntgenologen sicher festgestellt, ja in einem Falle scheint die gänzliche Vernachlässigung jeden Schutzes vor den Röntgenstrahlen sogar den Tod eines Röntgenologen verschuldet zu haben; er starb im 49. Lebensjahre unter den Symptomen schwerster Anämie, die sich bei der Autopsie als einzige Todesursache herausstellte und wohl zweifellos durch die makroskopisch und mikroskopisch nachgewiesene schwere Schädigung des Knochenmarks und der Milz bedingt war.

Ich muß daher nach wie vor gegen die Anwendung harter filtrierter Röntgenstrahlen bei ausgedehnten Dermatosen protestieren, zumal sich auch die Annahme, daß diese Strahlen biologisch wirksamer sind, als die unfiltrierten weichen Strahlen durch neuere histologische Untersuchungen über die Wirkung verschiedener Strahlenqualitäten auf die Haut als irrig erwiesen hat.

Ich bin am Schluß meiner Ausführungen, aus denen Sie ersehen, daß die Röntgenstrahlen in der Therapie geradezu reformierend gewirkt haben. Ist auch die Röntgentherapie von den Ärzten begründet und immer weiter ausgebaut worden, so war eine so glänzende Entwicklung doch nur durch die Mitarbeit der Physiker und Techniker möglich, und es würde den Rahmen dieses kurzen Rück- und Überblickes erheblich überschreiten, wollte ich die Namen aller derer nennen, die sich um die Förderung dieser Behandlungsmethode verdient gemacht haben.

sowohl in der Diagnostik wie in der Therapie ein unersetzliches und unentbehrliches Hilfsmittel geworden, und zwar nicht nur in stiller, ruhiger Friedenszeit in wohleingerichteten Laboratorien, sondern auch, und mit Genugtuung und Stolz wollen wir dies hervorheben, in den bewegten Zeiten des gegenwärtigen Weltkrieges. Die Segnungen der im Frieden begründeten und vervollkommneten Röntgenologie kommen jetzt insbesondere in erster Linie auch unseren verwundeten Feldgrauen zugute. Nicht nur in den Lazaretten in der Heimat und in den Etappen, sondern auch in den bis nahe an die feindliche Front vorgeschobenen Feldlazaretten stiften die Röntgeneinrichtungen außerordentlichen Segen. Welchen Nutzen und welchen weitgehenden Ausbau die Diagnostik und die Therapie in den verflossenen zwei Jahrzehnten durch die Verwendung der Röntgenstrahlen erfahren haben, in welcher hervorragenden Weise die Technik in dieser Zeit für die Vervollkommnung des Instrumentariums gesorgt hat, werden wir sogleich in besonderen Vorträgen hören. Dem Zusammenarbeiten der Wissenschaft und Technik verdanken wir es auch, daß durch die genialen Schutzmaßregeln für den Patienten wie für den Arzt den Röntgenstrahlen die schädigenden Eigenschaften genommen sind.

Bei dem weitgehenden und allseitigen Interesse, welches von Anfang der neuen Wissenschaft entgegengebracht wurde, kann es nicht wundernehmen, daß der schöpferische Geist der Wissenschaft und der Technik sehr bald eine außerordentliche Fülle und Mannigfaltigkeit von Beobachtungen, Forschungen und Anregungen hervorbrachte. Es stellte sich deshalb frühzeitig das dringende Bedürfnis heraus, für die auf der Röntgenschen Entdeckung beruhenden Arbeiten und Arbeitsmethoden durch Begründung von Vereinigungen Sammelstätten zu schaffen und so durch wechselseitigen Austausch die Wahrnehmungen, Forschungsergebnisse und Erfahrungen gegenseitig nutzbar zu machen. So entstand als erste Vereinigung unsere Vereinigung, die Röntgen-Vereinigung zu Berlin, welche am 4. März 1898 begründet wurde und schnell emporblühte. Es war ein glücklicher Gedanke, in dieser Vereinigung Ärzte, Physiker und Techniker zusammenzuschließen, hierdurch den Verhandlungen und dem Meinungsaustausch von vornherein einen fruchtbaren zu geben und Praxis, Theorie und Technik miteinander zu vereinigen. Auch an anderen Orten wurden Röntgenvereinigungen mit demselben Ziele gegründet.

Die Röntgenologie entwickelte sich jedoch sehr bald derart, daß die Sondervereinigungen ihren Zweck nicht mehr erfüllen konnten. Unsere Röntgen-Vereinigung faßte deshalb in ihrer Sitzung am 30. Oktober 1903 den denkwürdigen Beschluß, anläßlich der zehnjährigen Wiederkehr der Entdeckung der Röntgenstrahlen zu einem Röntgen-Kongreß verbunden mit einer Röntgen-Ausstellung, nach Berlin einzuladen. Vielen unter uns erschien das Unternehmen zu kühn, zu gewagt. Doch daß wir mit unserer Anregung einem allgemeinen Bedürfnis entsprochen hatten, erhellte aus der Tatsache, daß die Teilnahme an dem Kongresse, die Zahl der gehaltenen Vorträge und die Beteiligung an der Ausstellung geradezu glänzend war. Kongreß und Ausstellung fanden in der Zeit vom 30. April bis 3. Mai 1905 in Berlin statt. 512 Teilnehmer waren aus fast allen Staaten Europas sowie aus Amerika herbeigeeilt und nicht weniger als 70 Vorträge von durchweg hervorragender Bedeutung sind gehalten worden. Die Ausstellung mit einer medizinischen, einer physikalisch-technischen und einer Literatur-Abteilung bot eine außerordentliche Fülle. Unter den auf dem Kongresse gefaßten Beschlüssen ist als weittragendster der, die Gründung der Deutschen Röntgen-Gesellschaft betreffenden, hervorzuheben: „Um die Röntgenkongresse zu einer ständigen Einrichtung werden zu lassen und dem Bestreben des weiteren Ausbaues der Röntgenologie in wissenschaftlicher und sozialer Beziehung in Deutschland einen festen Mittelpunkt zu schaffen“, begründeten am 2. Mai 1905 neun Teilnehmer des Kongresses, darunter drei Mitglieder unserer Vereinigung, die Deutsche Röntgen-Gesellschaft. 175 weitere Kongreßteilnehmer schlossen sich den Gründern an, so daß die neue Gesellschaft mit 184 Mitgliedern in das Leben trat. Freudig und neidlos hat unsere Vereinigung die Führerschaft der deutschen Röntgenologen der großen Tochter abgetreten, uns allen erfüllte das Ergebnis des I. Röntgen-Kongresses mit stolzer Befriedigung.

Zu einer achtunggebietenden Größe hat die Deutsche Röntgen-Gesellschaft sich sehr schnell entwickelt und von Jahr zu Jahr ist sie gewachsen. Im Jahre 1914 umfaßte sie bereits nicht weniger als 787 Mitglieder. Ihre alljährlich zu Ostern wiederkehrenden Kongresse bilden den Mittelpunkt der röntgenologischen Wissenschaft und Technik. Besonders glanzvoll verlief der 10jährige Jubiläumskongreß und die mit demselben verbundene Ausstellung am 19.—21. April 1914.

Meine hochverehrten Anwesenden! Was die deutsche Röntgenwissenschaft in den ersten zwei Jahrzehnten ihres Bestehens erarbeitet hat, hat sie im Frieden erarbeitet. Ernste Wissenschaft gebraucht zu ihrem Gedeihen, Frieden und Ruhe. Der unserem Vaterlande aufgezwungene Krieg hat unsere Forschungsinstitute stillgelegt. Ihre Leiter und Jünger befinden sich daheim oder im Felde im Dienste des Vaterlandes. Und doch wird der Krieg auch der Röntgenologie ein Präzeptor sein. Er bietet ihr die Möglichkeit der Erprobung und der Nutzanwendung des in stiller Friedensarbeit Errungenen im großen, gibt ihr die Gelegenheit, ihre hervorragende Bedeutung für die Kriegschirurgie darzutun, durch die sie ihrerseits wertvolle Anregungen erfahren wird. Neue Aufgaben werden deshalb der Röntgenwissenschaft erwachsen, wenn der heiß ersehnte Friede wieder eingezogen ist, der aber nur ein der deutschen Ehre würdiger, dauerhafter Friede sein kann. Diesen Aufgaben wollen wir uns dann mit allen Kräften widmen. In dieser Festesstunde aber lassen Sie uns unserem erhabenen Herrscher und unserem teueren Vaterlande das Gelöbnis unverbrüchlicher Treue und vollster Hingebung erneuern.

Herr Immelmann:

Sie haben soeben aus dem Munde unseres Herrn Vorsitzenden treffliche Worte des Dankes gehört, den wir dem Entdecker der X-Strahlen zollen müssen.

Wenn wir heute in unserem Fachkreise der 20jährigen Wiederkehr des Tages gedenken, der uns das Wunder brachte, dann wollen wir uns, gleichsam im Extrakt, kurz vor Augen führen, welch ungeahnten Einfluß die Röntgenstrahlen auf die Medizin in diagnostischer und therapeutischer Beziehung gehabt haben, aber auch besonders hervorheben, daß dies nur dadurch möglich war, daß unsere Physiker und Techniker unentwegt an der Vervollkommnung der Röntgenapparate gearbeitet und geradezu Vollendetes geschaffen haben.

Meine Damen und Herren, wie die pathologische Anatomie die Grundlage unseres medizinischen Denkens ist, so stellen die Röntgenstrahlen die Kontrolle unseres medizinischen Wissens dar. Nicht etwa, als ob durch sie das medizinische Studium verflacht wäre, ob der Arzt die bisher geübten klinischen Untersuchungsmethoden nicht mehr zu üben brauche. Nein, im Gegenteil, er wird durch ihre Existenz zu immer größerer Exaktheit angeregt. Die Möglichkeit, sich der Röntgenstrahlen zur Unterstützung der Diagnosenstellung zu bedienen, ist jetzt mehr oder weniger jedem Arzt möglich. Wir wissen alle, wie selbst draußen im Felde reichlich Gelegenheit zu ihrer Anwendung gegeben ist. Hand in Hand mit dieser Besserung der Diagnosenstellung ist die Entfaltung der Behandlung von Krankheiten gegangen und hieran haben wohl alle Zweige der Heilkunde gleichen Anteil. Wie hoch der Wert der Röntgenstrahlen in dieser Beziehung anzuschlagen ist, erhellt am besten aus der Tatsache, daß unsere Kliniker in ihren Vorlesungen und Demonstrationen die Röntgenplatte so oft wie nur möglich heranziehen. So wird dem angehenden Mediziner von Anfang an die Bedeutung der Röntgenstrahlen vor Augen geführt, daß er ihren Wert beurteilen lernt und in seiner späteren Praxis vor Fehldiagnosen soweit wie möglich bewahrt bleibt. Im Vollbesitz dieser Hilfsmittel können wir jetzt erst recht ermessen, wie schwer es die Ärzte vor der Röntgenära hatten.

Wer denkt aber nicht heute ganz besonders unserer Verwundeten, deren Verletzungen durch die Röntgenstrahlen besser erkannt und demnach besser behandelt werden können. Erst der letzte kriegsärztliche Abend vor 3 Tagen war den Röntgenstrahlen gewidmet und hatte den Zweck, Mittel und Wege anzugeben, die im Körper stecken gebliebenen Kugeln zu finden

und ihren Sitz so genau festzustellen, daß sie von dem operierenden Arzte sicher gefunden und entfernt werden können.

Wir alle hier kennen den Umfang der Anwendung der Röntgenstrahlen zu diagnostischen Zwecken. Um so mehr werden Sie mit mir ihren Wert schätzen und heute am Jubiläumstage, den wir dem Ernste der Zeit angepaßt ohne Äußerlichkeiten begehen, voll Dankes „unseres" Röntgen gedenken.

Herr H. E. Schmidt: **Röntgentherapie.**

Wenn sich eine Behandlungsmethode in nunmehr fast 20 Jahren so ausgezeichnet bewährt hat, wie die Röntgentherapie, dann kann man jedenfalls sagen, daß sie aus dem Stadium einer „Modebehandlung" heraus ist und eine bleibende Bereicherung unseres medizinischen Heilschatzes darstellt.

So ist es denn wohl lohnend, sich heute — 2 Dezennien nach der Entdeckung Röntgens — zu vergegenwärtigen, was wir den Röntgenstrahlen als Heilmittel verdanken.

Am meisten geschätzt werden die Röntgenstrahlen von den Dermatologen, denen sie geradezu unentbehrlich geworden sind. Fast alle chronischen Hauterkrankungen werden heute am zweckmäßigsten von vornherein mit Röntgenstrahlen behandelt, und der Salbentopf erscheint uns beinahe als ein Residuum aus dem Mittelalter, das nur noch selten zur Anwendung kommt.

Die Röntgenbestrahlung ist bei den meisten dermatologischen Affektionen schon darum jeder anderen Behandlung überlegen, weil sie ohne jede Belästigung, ohne Schmerzen und außerdem schneller und sicherer zum Ziele führt. Außerdem wirkt sie bei vielen Erkrankungen nicht nur symptomatisch wie die Salbenbehandlung, sondern ätiologisch, z. B. bei der Seborrhoea oleosa, der Hyperhidrosis und der Hypertrichosis; bei dem Hautkrebs hat sie sich auch dem Messer des Chirurgen überlegen gezeigt, und bei der Mycosis fungoides ist sie die einzige Therapie, die überhaupt in Frage kommt, und bei dieser sonst immer zum Tode führenden Erkrankung in manchen Fällen anscheinend eine völlige Heilung, jedenfalls aber sicher eine Verlängerung des Lebens um viele Jahre erzielt.

Wenn auch auf anderen Gebieten der Medizin die Anwendungsmöglichkeit der Röntgenstrahlen nicht so groß ist wie in der Dermatologie, so kann doch weder die innere Medizin, noch auch die Chirurgie und die Gynäkologie auf dieses Heilmittel verzichten.

In der inneren Medizin ist es die Leukämie und die Pseudoleukämie, bei denen die Röntgenbehandlung die Therapie der Wahl ist und Erfolge zeitigt, wie sie keine andere Behandlung aufzuweisen hat, und wenn sie auch den schließlichen tödlichen Ausgang nicht verhindern kann, so kann sie doch das Leben der Kranken um viele Jahre verlängern.

Als Spezifikum möchte ich die Röntgenstrahlen für die Behandlung der rheumatischen Ischias empfehlen. Viel zu wenig gewürdigt ist ihre eklatante Wirkung bei chronischen Gelenkentzündungen aller Art. Gute Erfolge sind bei der Syringomyelie berichtet worden.

In der Chirurgie ist es die Tuberkulose der Drüsen, der Knochen und der Gelenke, bei der die Röntgenstrahlen meist eine völlige Ausheilung ermöglichen und dem Messer des Chirurgen eine sehr bemerkenswerte Konkurrenz machen. Sehr gut sind die Erfolge bei der Basedowschen Krankheit.

Die malignen Tumoren werden in günstigster Weise beeinflußt, Haut- und Lippenkrebse häufig definitiv geheilt. Auch bei den Sarkomen sind wohl wirkliche Heilungen möglich. Bei den tiefliegenden Karzinomen kann ich den Optimismus der Gynäkologen nicht teilen. Operable Karzinome darf man meines Erachtens nur dann mit Röntgenstrahlen behandeln, wenn sie der Kontrolle durch Gesicht- und Tastsinn vollkommen zugänglich sind; das ist aber nur bei den Karzinomen der Haut und der Lippen, nicht aber beim Uteruskarzinom der Fall, so daß wir bei den meisten operablen Tumoren die chirurgische Entfernung mit nachfolgender Bestrahlung das Richtige zu sein scheint. Wer heute nach operativer Entfernung eines malignen Tumors nicht eine chronisch-intermittierende, prophylaktische Röntgenbehandlung folgen läßt, begeht eine Unterlassungssünde.

Ein Versuch bei tiefer gelegenen operablen Tumoren scheint mir überall da zulässig, wo die Entfernung des Tumors nur durch eine verstümmelnde Operation möglich ist, und wo erfahrungsgemäß trotz ausgiebiger operativer Eingriffe Rezidive fast die Regel sind, in erster Linie also bei den Lympho- und Osteosarkomen.

Bei allen inoperablen Tumoren bildet die Röntgentherapie eo ipso das ultimum refugium.

In der Gynäkologie haben sich die Röntgenstrahlen bei der Behandlung der Myome und der prä- und postklimakterischen Blutungen ebenfalls dem Messer des Chirurgen überlegen gezeigt. Hier kann man wohl wirklich von 100% Heilung sprechen.

In der Ophthalmologie sind günstige Erfolge beim Lupus conjunctivae, beim Trachom, beim Epitheliom der Lider und der Hornhaut erzielt worden, wenn auch die Anzahl der behandelten Fälle noch sehr gering ist. In jedem Falle von Hornhautepitheliom sollte zunächst Röntgentherapie angewandt werden, wenn auch bisher nur ein geheilter Fall publiziert ist.

Dieser eine Fall beweist jedenfalls die Heilungsmöglichkeit, während die bisher geübte Behandlung in der operativen Entfernung des Augapfels bestand.

In der Oto-, Rhino- und Laryngologie kommt die Röntgenbehandlung bei tuberkulösen Prozessen und bei malignen Tumoren in Frage.

Wo so viel Licht ist, fehlt natürlich auch der Schatten nicht. Wie jedes Ding hat auch die Röntgentherapie zwei Seiten.

Neben glänzenden, zum Teil verblüffenden und von keiner anderen Methode erreichten Erfolgen stehen die Schädigungen der normalen Gewebe, in erster Linie der Haut und der blutbildenden Organe.

Was die Hautschädigungen anbelangt, so können wir sie meines Erachtens bei dem heutigen Stande der Dosimetrie sicher vermeiden, wenigstens Reaktionen 2. und 3. Grades dürfen heutzutage nicht mehr vorkommen. Wenn sie vorkommen, ist immer eine zu große Strahlendosis appliziert worden, für die der Arzt verantwortlich ist. Denn eine Idiosynkrasie der Haut gegenüber den Röntgenstrahlen gibt es nach meiner festen Überzeugung nicht.

Dagegen können wir es nicht verhindern, daß sich gelegentlich nach stärkeren Bestrahlungen sogenannte Spätschädigungen in Form von Teleangiektasien oder geringfügiger Atrophie der Haut entwickeln.

Viel bedenklicher erscheint mir die Möglichkeit einer Schädigung der blutbildenden Organe bei länger fortgesetzter oder öfter wiederholter Bestrahlung größerer Körperflächen, wie sie z. B. beim Ekzem und bei der Psoriasis in Frage kommt.

Dauernde und vorübergehende Veränderungen in der Blutzusammensetzung sind bei berufsmäßigen Röntgenologen sicher festgestellt, ja in einem Falle scheint die gänzliche Vernachlässigung jeden Schutzes vor den Röntgenstrahlen sogar den Tod eines Röntgenologen verschuldet zu haben; er starb im 49. Lebensjahre unter den Symptomen schwerster Anämie, die sich bei der Autopsie als einzige Todesursache herausstellte und wohl zweifellos durch die makroskopisch und mikroskopisch nachgewiesene schwere Schädigung des Knochenmarks und der Milz bedingt war.

Ich muß daher nach wie vor gegen die Anwendung harter filtrierter Röntgenstrahlen bei ausgedehnten Dermatosen protestieren, zumal sich auch die Annahme, daß diese Strahlen biologisch wirksamer sind, als die unfiltrierten weichen Strahlen durch neuere histologische Untersuchungen über die Wirkung verschiedener Strahlenqualitäten auf die Haut als irrig erwiesen hat.

Ich bin am Schluß meiner Ausführungen, aus denen Sie ersehen, daß die Röntgenstrahlen in der Therapie geradezu reformierend gewirkt haben. Ist auch die Röntgentherapie von den Ärzten begründet und immer weiter ausgebaut worden, so war eine so glänzende Entwicklung doch nur durch die Mitarbeit der Physiker und Techniker möglich, und es würde den Rahmen dieses kurzen Rück- und Überblickes erheblich überschreiten, wollte ich die Namen aller derer nennen, die sich um die Förderung dieser Behandlungsmethode verdient gemacht haben.

Herr Fürstenau: **Röntgentechnik.**

Es ist uns soeben von den Herren Vorrednern ein eindrucksvolles Bild der beispiellos glänzenden Entwicklung, welche das Röntgenverfahren in seiner diagnostischen und therapeutischen Anwendung gefunden hat, entworfen worden. Die Fülle der uns in den seit der Entdeckung der Röntgenstrahlen verflossenen beiden Dezennien offenbarten, für die Medizin bedeutungsvollen Tatsachen läßt unseren Blick unwillkürlich zurückschweifen zu jenem Ausgangspunkt, zu welchem rückwärts diese ganze gewaltige Entwicklung konvergiert. Die erste jener denkwürdigen drei Mitteilungen, in welchen Röntgen über seine epochale Entdeckung berichtete, erschien bekanntlich im Dezember 1895 in den Sitzungsberichten der Physikalisch-Medizinischen Gesellschaft in Würzburg, die weiteren Mitteilungen folgten bald darauf. Es ist aus sicherer Quelle bekannt, daß Röntgen die Hauptresultate seiner Beobachtungen bereits Monate vor ihrer Veröffentlichung gehabt hat, und wir können einen Beweis seltener wissenschaftlicher Gründlichkeit und Selbstzucht darin erblicken, daß eine so fundamental neue und bedeutungsvolle Entdeckung erst nach lange und sorgsam wiederholter, mit immer erneuter Skepsis vorgenommener Nachprüfung von ihrem Entdecker der Mitwelt überliefert wurde. Röntgen gehört, wie Sommerfeld dies bereits nachgewiesen hat, in seiner wissenschaftlichen Arbeitsweise zu demjenigen Typus von Gelehrten, welche Ostwald als Klassiker den Romantikern gegenüberstellt, und welche er etwa mit folgenden Worten charakterisiert: „Während des Romantikers erste Sorge ist, das gegenwärtige Problem zu erledigen, um für das nächste Raum zu bekommen, ist die erste Sorge des Klassikers, das gegenwärtige Problem so erschöpfend zu bearbeiten, daß weder er selbst noch womöglich ein Zeitgenosse imstande ist, das Ergebnis zu verbessern. Der Klassiker gleicht dem sagenhaften Bären, der sein Junges geduldig und sorgfältig in Form leckt und es nicht eher ziehen läßt, als nachdem es alle Beeinflussung erfahren hat, die er nur irgend daran zu wenden weiß." In der Tat enthalten denn auch die ersten und einzigen Mitteilungen Röntgens über die neu entdeckten Strahlen alles Wissenswerte über dieselben in so umfassender Form, daß innerhalb des darauf folgenden Jahrzehntes und noch länger auch die intensivste Beschäftigung mit den von Röntgen entdeckten Tatsachen diesen in physikalischer Beziehung nichts von wesentlicher Bedeutung hinzufügen konnte.

Um so mehr gelang es der Technik, für die neuen Anforderungen, welche die Anwendung der Röntgenstrahlen in der Medizin an sie stellte, Möglichkeiten der Verwirklichung zu schaffen. Welch beispiellose Entwicklung in dieser Beziehung jetzt, nach zwei Jahrzehnten, bereits hinter uns liegt, erkennt man wohl am eindrucksvollsten, wenn man sich im Geiste nebeneinander vorstellt: einen kleinen Ruhmkorff mit Déprezunterbrecher, wie ihn Röntgen damals benutzte, in Verbindung mit einer jener Röntgenröhren, welche dazumal wirklich noch Röhren im eigentlichen Sinne des Wortes waren, und die uns heute wie ein Spielzeug anmuten — und daneben, wie ein Riese neben dem Zwerg, einen modernen Hochspannungsgleichrichter, dessen elektrische Leistung nach Kilowatt gerechnet wird, und der aus seinem gewaltigen Energievorrat mehrere Röhren höchster Strahlungsleistung gleichzeitig speist.

Offenbar trägt die Entwicklung, welche sich in der Röntgentechnik vollzogen hat, den gleichen Charakter, wie wir ihn an derjenigen auf anderen technischen, und ganz besonders elektrotechnischen Gebieten beobachten können. Überall herrscht sichtlich das konstruktive Bestreben vor, von Laboratoriumsanordnungen und mehr oder minder empfindlichen und schwierig zu behandelnden Instrumenten fortzuschreiten zu robusten Apparaten, zu Maschinen, welche eines Mindestmaßes von Wartung bei höchster Betriebssicherheit bedürfen. Man erkennt auch in der Röntgentechnik diese Tendenz deutlich, wenn man sich vergegenwärtigt, wie aus den primitiven Unterbrecherkonstruktionen — Déprez-, Foucault-, Hammer-Unterbrecher —, welche nur bei peinlichster Überwachung und häufiger sanfter Nachhilfe, aber auch dann nur höchst unzureichend im Betrieb gehalten werden konnten, sich jene Konstruk-

tionen vollendeter Präzisionstechnik entwickelt haben, mit welchen wir heute den in der Therapie erforderlichen stundenlangen Dauerbetrieb ohne Schwierigkeiten aufrechterhalten können. Im Verfolg der gleichen Entwicklungstendenz entstand aus dem Laboratoriums-Ruhmkorff der leistungsfähige Induktor in seinen mannigfachen Formen, dem schließlich im Hochspannungsgleichrichter ein Mitbewerber an die Seite trat, welcher sich in seiner Form wohl am meisten der reinen Röntgenmaschine nähert. Nicht immer haben die Meinungen der Konstrukteure über die Wege, welche beim Ausbau des Induktorprinzips zweckmäßig einzuschlagen seien, übereingestimmt, und die meisten unter uns erinnern sich wohl noch der Zeiten, als das Feldgeschrei: „hie kleine, — hie große Funkenlänge" widerhallte und der Streit der Meinungen heftig hin und her wogte. Zeit und Erfahrung haben zum Ausgleich der auseinanderstrebenden Meinungen geführt, und der Mittelweg hat sich auch hier als der richtige erwiesen. Emsiges theoretisches und experimentelles Studium der physikalisch recht komplizierten Vorgänge im Hochspannungsapparat haben uns Konstruktionen beschert, die so gewaltige Energiemengen der Röntgenröhre zuzuführen gestatten, daß die Diagnostik in die Lage versetzt wurde, sich der Momentaufnahme zu bedienen, während die Therapie ihnen die Applikationsmöglichkeit überaus großer Strahlenmengen in kurzer Zeit zu danken hat.

Auch die Röntgenröhre hat eine vielgestaltige Wandlung durchmachen müssen, und die heutige Röntgenröhrengeneration ist zwar ihren Voreltern äußerlich ähnlich geblieben — und leider immer noch so zerbrechlich wie sie — aber sie hat doch, insbesondere durch Anwendung immer weiter verbesserter Kühlmethoden, tapfer Schritt halten können mit den andauernd gesteigerten Belastungsverhältnissen der Hochspannungsapparate. Apparatefabrik und Röntgenröhrenfabrik treten in ein gewisses gegenseitiges friedliches Rivalitätsverhältnis. Kaum brachte die eine einen neuen Apparatetyp an die Öffentlichkeit, der eine höhere Stromleistung als der frühere zu erzielen gestattete, so wurde auch schon in der anderen die Röntgenröhre geboren, die in ihrer Belastungsfähigkeit noch über jenes neu erreichte Maximum hinausging. Immerhin dürfen wir nicht verkennen, daß wir auch heute noch weit davon entfernt sind, die Röntgenröhre in die technische Form einer Maschine übergeführt zu haben; aber gerade das Röhrengebiet ist noch bei weitem nicht bis an seine Grenzen durchforscht, und wir können hoffen, daß früher oder später doch einmal der Tag da sein wird, an welchem die Röntgenröhre die gleiche technische Betriebssicherheit und Einfachheit der Handhabung erreicht haben wird, wie sie etwa dem Elektromotor oder der Glühlampe zukommt. Wie grundlegenden Umgestaltungen die heutige Form der Röntgenröhre immerhin noch zugänglich ist, beweisen beispielsweise die neueren Bestrebungen, gasfreie Röntgenröhren mit reiner Elektronenladung herzustellen, ebenso wie der kürzlich unternommene Versuch, die gesamte zerbrechliche Glasapparatur der Röhre durch eine Metallwandung zu ersetzen. —

Allgemein kann man nun die Tatsache beobachten, daß, sobald ein gewisses Stadium in der technischen Entwicklung eines Gebietes erreicht ist, ein besonderes Interesse der Ausgestaltung verfeinerter und physikalisch zuverlässiger Meßmethoden zugewandt wird. Daß wir diese verhältnismäßig hohe Entwicklungsstufe in der Röntgentechnik bereits erreicht haben, zeigen die in den letzten Jahren immer stärker in die Erscheinung tretenden methodischen Bestrebungen, physikalisch einwandfreie Grundlagen für Härtemessung und Dosierung durch gemeinsame wissenschaftliche Arbeit zu schaffen, und die schon heute sichtbaren fruchtbaren Ergebnisse dieser gemeinschaftlichen Bestrebungen lassen für die nahe Zukunft ein völliges Erreichen jenes wertvollen Zieles erhoffen.

Die eigentliche physikalische Erkenntnis über die Röntgenstrahlen hat, wie ich eingangs bemerkte, infolge der peinlich exakten und ausgereiften Arbeit ihres Entdeckers lange Jahre hindurch keine Fortschritte von grundlegender Bedeutung gemacht. Einen neuen Anstoß nach dieser Richtung hin hat die Forschung erst durch die bedeutsame Lauesche Entdeckung der Interferenz an Kristallen bekommen, für welche ihm bekanntlich der vorjährige Nobelpreis verliehen worden ist. Diese Entdeckung, welche endlich die dem Physiker ersehnte

Klarheit über die Wellennatur der Röntgenstrahlen gebracht hat, verspricht vielleicht im Augenblick für die praktische und speziell medizinische Anwendung der Röntgenstrahlen nicht viel; immerhin sind bereits auf dem Gebiete der kristallinischen und Molekularforschung Aufschlüsse aus Interferenzbeobachtungen an Röntgenstrahlen erhalten worden, die beträchtlich über das Interessengebiet des Theoretikers hinausgehen und sich vielleicht als geeignet dazu erweisen werden, neue Fundamente für große Teile unseres Wissens über den chemischen Aufbau der Stoffe zu geben. Man tut ja überhaupt gut daran, wie die Geschichte der Forschung lehrt, mit dem Urteil über den praktischen Wert neu entdeckter Tatsachen, welche auf den ersten Blick des unmittelbaren technischen Nutzens zu entbehren scheinen, vorsichtig zu sein; hat doch manche große Erfindung, welche dem praktischen Leben ihren beherrschenden Einfluß aufgezwungen hat, ihren Keim in einem oft unscheinbaren Laboratoriumsversuch gehabt, der mit dem, was später sich aus ihm entwickelt hat, nicht mehr die geringste Ähnlichkeit aufweist.

So gewahren wir denn auch heute eine Reihe von verheißungsvollen Ansätzen zu neuen Entwicklungsmöglichkeiten in der Röntgentechnik — ich erinnere nur an die schon erwähnte Kristall- und Molekularforschung, ferner an das für die Therapie bedeutsame Problem der technischen Erzeugung und Verwendung der Sekundärstrahlen, wie auch an die gasfreien Röntgenröhren, — Entwicklungsmöglichkeiten, die uns mit Erwartung und Zuversicht in die Zukunft blicken lassen: mit der Erwartung, daß auch fernerhin alle verfügbaren Kräfte sich zur weiteren Durchforschung der schwebenden Probleme in gemeinsamer Arbeit zusammenschließen werden, und in der Zuversicht, daß die herangereiften Früchte dieser Arbeit der leidenden Menschheit neuen Segen bringen werden.

Auf Anregung des Vorstandes wurde an Exzellenz von Röntgen ein Begrüßungstelegramm gerichtet, welches der Gefeierte mit herzlichem Dank entgegengenommen hat.

Wissenschaftlicher Abend im Eppendorfer Krankenhause. 8. Januar 1916.

Wilbrand bespricht die **Symptomatologie der Hypophysistumoren,** die wichtigsten Erscheinungen sind: Akromegalie, die aber nicht immer vorhanden ist, und bitemporale Hemianopsie.

In dem ersten der von W. beobachteten Fälle, der eine 33jährige Frau betraf, trat vor 7 Jahren Cession der Menses und vor ungefähr 3 Jahren eine Abnahme des Sehvermögens ein, welche in der letzten Zeit sehr viel intensiver wurde; das Röntgenbild ergab keine Erweiterung des Türkensattels. Der vorhandene Symptomenkomplex bestand in Menopause, Kopfschmerzen und progressiver temporaler Hemianopsie. Nach Ausführung der Operation und Radiumbehandlung geringe Besserung des Sehvermögens. Die Operation ergab einen adenomatösen Tumor.

Fall 2. 39jährige Frau, seit 9 Jahren Menopause, seit 2 Jahren vollständig blind mit einfacher Atrophie des Nervus opticus und Kopfschmerzen. Das Röntgenbild zeigte hochgradige Erweiterung und Verwischtsein der Sella turcica und einen Tumor, der in die Keilbeinhöhle hineinragte. Eine binokuläre Amaurose ist unter allen Umständen auf eine Druckatrophie des Chiasmas zu beziehen, sofern die Erscheinungen multiplen Sklerose, einer Tabes resp. Paralyse und einer basalen, gummösen Meningitis ausgeschaltet werden können. Patientin verweigerte die Operation.

Fall 3. Junger Mediziner erkrankt mit Erscheinungen von Adipositas, Schwund der Scham-, Bart- und Achselhöhlenhaare und Abnahme der psychischen Kräfte, Anfällen von Kopfschmerzen; Augenspiegelbefund normal, ebenso der Röntgenbefund. Die Gesichtsfeldaufnahme ergab eine Schädigung der gekreuzten Partien des Chiasmas, beiderseits inkomplete bitemporale Farbenhemianopsie für kleine Untersuchungsobjekte. Patient wollte sich von Hirsch operieren lassen, letzterer aber ließ sich, da das Röntgenbild normal erschien, auf eine Operation nicht ein. Von anderer Seite wurde dann die Diagnose auf eine Meningitis serosa gestellt und die Operation eines Balkenstiches empfohlen. Nach Vornahme desselben trat nach 2 Stunden der Exitus ein. Die Sektion zeigte einen bohnengroßen Tumor in der Nähe des Infundibulums, welcher den Ausführungsgang desselben komprimiert und durch leichten Druck auf die mittlere, hintere, untere Partie des Chiasmas die an identischen Stellen der beiden und äußeren Gesichtsfeldquadranten gelegenen Defekte hervorgerufen hatte.

Fall 4 betraf einen 26jährigen Kaufmann, der außer Kopfschmerzen keinerlei andere nervöse Erscheinungen darbot, außer einer progressiven temporalen Hemianopsie bei normalem Augenspiegel- und sonstigem Befund. Bei der von Hirsch vorgenommenen Operation konnte nur ein Teil des Hypophysistumors entfernt werden. Das Sehvermögen besserte sich etwas und wurde stabil. Das Allgemeinbefinden hob sich so, daß Patient in die Schweiz reisen und sich verloben konnte. Jedoch erfolgte leider nach einem Vierteljahre unter plötzlicher Zunahme des Hirndruckes und Amaurose der Exitus. Sektion verweigert.

Die wichtigsten Erscheinungen dieser 4 Fälle bestanden in Kopfschmerzen und temporaler Hemianopsie, daneben begleitet bei zweien von langjähriger Menopause, bei einem mit Adipositas und Haarschwund, bei einem fehlten jegliche andere Erscheinungen; nur bei einem von diesen 4 Patienten konnte eine starke Veränderung der Sella turcica röntgenologisch wahrgenommen werden.

Hambg. Ärzte-Corresp. 1916, Nr. 5.

Hamburger Ärztlicher Verein. 22. Februar 1916.

Saenger demonstrierte: 1. einen 38jährigen Mann, der seit Juni 1914 eine Abnahme des Sehvermögens bemerkt hatte. Es stellten sich heftige Kopfschmerzen, ferner Flimmern vor den Augen ein. In Kiel war die Diagnose auf einen **Hypophysistumor** gestellt und die Behandlung mit Röntgenstrahlung eingeleitet worden. Nach derselben trat völlige **Amaurose** ein. Den Tumor vom Rachen aus zu entfernen, mißlang. November 1915 wurde eine Palliativtrepanation an der rechten Schädelseite ohne Erfolg ausgeführt.

S. zeigte ein Röntgenbild die durch den Hypophysistumor zerstörte Sella turcica und demonstrierte an dem blinden Patienten, die Zeichen einer beginnenden **Dystrophia adipso-genitalis.** Die Haut ist fett und glatt geworden und die sekundären Geschlechtscharaktere die Behaarung haben sich dahin geändert; daß die Achselhaare gänzlich geschwunden, Bart und Schamhaare sehr viel spärlicher und dünner geworden sind. Die sexuelle Potens hat seit einem Jahr gänzlich aufgehört.

2. einen 51jährigen Arbeiter ebenfalls mit einem Hypophysistumor, bei dem aber die Symptome der **Akromegalie** schon seit einer Reihe von Jahren bestehen. Hauptsächlich vergrößert ist in diesem Falle der Unterkiefer und die Unterlippe, die Zähne sind auseinandergedrängt. Im Röntgenbild zeigte S. die Zerstörung der Sella turcica.

Dieser Fall ist dadurch ausgezeichnet, daß mehrere Monate Patient total erblindet war. Jetzt besteht rechts völlige Amaurose und links eine temporale Hemianopsie, bei der die Trennungslinie gerade durch den Fixierpunkt geht. Da Patient eine schwere Myokarditis hat, ist ein operativer Eingriff kontraindiziert.

Während bei den Akromegalien es sich in der Regel um eine adenomatöse Geschwulst im Vorderlappen der Hypophyse handelt, finden sich bei der hypophysären Dystrophie Tumoren der verschiedensten Art, die unter Umständen die Hypophysis oder die Infundibulargegend komprimieren. Auch nach Trauma der Hypophysenregion oder auch bei chronischem Hydrocephalus beobachtete man schon das in Rede stehende Krankheitsbild.

Nach S. entsteht die Dystrophie adiposo-genitalis entweder durch Behinderung des Abflusses des Hypophysensekretes oder durch Reizung des Hinterlappens der Hypophysis.

Lorey stellt einen Kranken mit **posttyphöser Knochenerkrankung,** die unter dem Bilde eines chronischen Gelenkrheumatismus verlief, vor, unter Demonstration der dazu gehörenden Röntgenbilder. Der Kranke hatte sich im Felde einen Typhus zugezogen. Schon während der Rekonvaleszenz traten Gelenkschmerzen auf. Bei der Aufnahme im Eppendorfer Krankenhause im Juni 1915 bestand eine Schwellung der beiden Ellenbogen, der Kniegelenke und des linken Handgelenks. Eine antirheumatische Behandlung blieb vollkommen erfolglos. Da der Patient außerdem vor 4 Jahren eine Syphilis überstanden und jetzt noch einen stark positiven Wassermann hatte und während des hiesigen Krankenhausaufenthaltes eine syphilitische Angina auftrat, wurde als Ursache der chronischen Gelenkserkrankung zunächst eine Lues angenommen, und eine antisyphilitische Kur eingeleitet. Die Behandlung war jedoch vollkommen ohne Erfolg Gegen Ende der Kur trat sogar eine Verschlimmerung der Gelenkserkrankung auf. Die nun angefertigten Röntgenbilder zeigten einen Befund, der nicht für Knochensyphilis sprach. An den unteren Enden der Oberarmknochen nahe den Gelenken, sowie an dem Condylus externus beider Tibien war ein kortikaler Resorptionsherd zu sehen, ohne irgend welche reaktiven Knochenwucherungen ostitischer oder periostitischer Natur, wie man sie bei Lues eigentlich nie vermißt. Am unteren Ende der linken Ulna war ein über Taubenei großer osteomyelitischer Herd vorhanden mit leichter Periostitis an der entsprechenden Stelle. Ebenso fand sich eine geringe Aufhellung des Knochens an der Grundphalanx der linken großen Zehe, die auf eine zentrale Einschmelzung gedeutet werden mußte. Auch hier fehlte in der Umgebung jegliche reaktive Knochenveränderung. Die Erkrankung hat sich unter rein symptomatischer Therapie soweit gebessert, daß Patient jetzt wieder fast vollkommen die Gebrauchsfähigkeit seiner Glieder erlangt hat. Der Röntgenbefund hat in einer 2 Monate später erfolgten Kontrollaufnahme sich nicht verändert. Die Knochenerkrankungen nach Typhus kommen recht selten zur Be-

Herr Fürstenau: **Röntgentechnik.**

Es ist uns soeben von den Herren Vorrednern ein eindrucksvolles Bild der beispiellos glänzenden Entwicklung, welche das Röntgenverfahren in seiner diagnostischen und therapeutischen Anwendung gefunden hat, entworfen worden. Die Fülle der uns in den seit der Entdeckung der Röntgenstrahlen verflossenen beiden Dezennien offenbarten, für die Medizin bedeutungsvollen Tatsachen läßt unseren Blick unwillkürlich zurückschweifen zu jenem Ausgangspunkt, zu welchem rückwärts diese ganze gewaltige Entwicklung konvergiert. Die erste jener denkwürdigen drei Mitteilungen, in welchen Röntgen über seine epochale Entdeckung berichtete, erschien bekanntlich im Dezember 1895 in den Sitzungsberichten der Physikalisch-Medizinischen Gesellschaft in Würzburg, die weiteren Mitteilungen folgten bald darauf. Es ist aus sicherer Quelle bekannt, daß Röntgen die Hauptresultate seiner Beobachtungen bereits Monate vor ihrer Veröffentlichung gehabt hat, und wir können einen Beweis seltener wissenschaftlicher Gründlichkeit und Selbstzucht darin erblicken, daß eine so fundamental neue und bedeutungsvolle Entdeckung erst nach lange und sorgsam wiederholter, mit immer erneuter Skepsis vorgenommener Nachprüfung von ihrem Entdecker der Mitwelt überliefert wurde. Röntgen gehört, wie Sommerfeld dies bereits nachgewiesen hat, in seiner wissenschaftlichen Arbeitsweise zu demjenigen Typus von Gelehrten, welche Ostwald als Klassiker den Romantikern gegenüberstellt, und welche er etwa mit folgenden Worten charakterisiert: „Während des Romantikers erste Sorge ist, das gegenwärtige Problem zu erledigen, um für das nächste Raum zu bekommen, ist die erste Sorge des Klassikers, das gegenwärtige Problem so erschöpfend zu bearbeiten, daß weder er selbst noch womöglich ein Zeitgenosse imstande ist, das Ergebnis zu verbessern. Der Klassiker gleicht dem sagenhaften Bären, der sein Junges geduldig und sorgfältig in Form leckt und es nicht eher ziehen läßt, als nachdem es alle Beeinflussung erfahren hat, die er nur irgend daran zu wenden weiß.“ In der Tat enthalten denn auch die ersten und einzigen Mitteilungen Röntgens über die neu entdeckten Strahlen alles Wissenswerte über dieselben in so umfassender Form, daß innerhalb des darauf folgenden Jahrzehntes und noch länger auch die intensivste Beschäftigung mit den von Röntgen entdeckten Tatsachen diesen in physikalischer Beziehung nichts von wesentlicher Bedeutung hinzufügen konnte.

Um so mehr gelang es der Technik, für die neuen Anforderungen, welche die Anwendung der Röntgenstrahlen in der Medizin an sie stellte, Möglichkeiten der Verwirklichung zu schaffen. Welch beispiellose Entwicklung in dieser Beziehung jetzt, nach zwei Jahrzehnten, bereits hinter uns liegt, erkennt man wohl am eindrucksvollsten, wenn man sich im Geiste nebeneinander vorstellt: einen kleinen Ruhmkorff mit Déprezunterbrecher, wie ihn Röntgen damals benutzte, in Verbindung mit einer jener Röntgenröhren, welche dazumal wirklich noch Röhren im eigentlichen Sinne des Wortes waren, und die uns heute wie ein Spielzeug anmuten — und daneben, wie ein Riese neben dem Zwerg, einen modernen Hochspannungsgleichrichter, dessen elektrische Leistung nach Kilowatt gerechnet wird, und der aus seinem gewaltigen Energievorrat mehrere Röhren höchster Strahlungsleistung gleichzeitig speist.

Offenbar trägt die Entwicklung, welche sich in der Röntgentechnik vollzogen hat, den gleichen Charakter, wie wir ihn an derjenigen auf anderen technischen, und ganz besonders elektrotechnischen Gebieten beobachten können. Überall herrscht sichtlich das konstruktive Bestreben vor, von Laboratoriumsanordnungen und mehr oder minder empfindlichen und schwierig zu behandelnden Instrumenten fortzuschreiten zu robusten Apparaten, zu Maschinen, welche eines Mindestmaßes von Wartung bei höchster Betriebssicherheit bedürfen. Man erkennt auch in der Röntgentechnik diese Tendenz deutlich, wenn man sich vergegenwärtigt, wie aus den primitiven Unterbrecherkonstruktionen — Déprez-, Foucault-, Hammer-Unterbrecher —, welche nur bei peinlichster Überwachung und häufiger sanfter Nachhilfe, aber auch dann nur höchst unzureichend im Betrieb gehalten werden konnten, sich jene Konstruk-

tionen vollendeter Präzisionstechnik entwickelt haben, mit welchen wir heute den in der Therapie erforderlichen stundenlangen Dauerbetrieb ohne Schwierigkeiten aufrechterhalten können. Im Verfolg der gleichen Entwicklungstendenz entstand aus dem Laboratoriums-Ruhmkorff der leistungsfähige Induktor in seinen mannigfachen Formen, dem schließlich im Hochspannungsgleichrichter ein Mitbewerber an die Seite trat, welcher sich in seiner Form wohl am meisten der reinen Röntgenmaschine nähert. Nicht immer haben die Meinungen der Konstrukteure über die Wege, welche beim Ausbau des Induktorprinzips zweckmäßig einzuschlagen seien, übereingestimmt, und die meisten unter uns erinnern sich wohl noch der Zeiten, als das Feldgeschrei: „hie kleine, — hie große Funkenlänge“ widerhallte und der Streit der Meinungen heftig hin und her wogte. Zeit und Erfahrung haben zum Ausgleich der auseinanderstrebenden Meinungen geführt, und der Mittelweg hat sich auch hier als der richtige erwiesen. Emsiges theoretisches und experimentelles Studium der physikalisch recht komplizierten Vorgänge im Hochspannungsapparat haben uns Konstruktionen beschert, die so gewaltige Energiemengen der Röntgenröhre zuzuführen gestatten, daß die Diagnostik in die Lage versetzt wurde, sich der Momentaufnahme zu bedienen, während die Therapie ihnen die Applikationsmöglichkeit überaus großer Strahlenmengen in kurzer Zeit zu danken hat.

Auch die Röntgenröhre hat eine vielgestaltige Wandlung durchmachen müssen, und die heutige Röntgenröhrengeneration ist zwar ihren Voreltern äußerlich ähnlich geblieben — und leider immer noch so zerbrechlich wie sie — aber sie hat doch, insbesondere durch Anwendung immer weiter verbesserter Kühlmethoden, tapfer Schritt halten können mit den andauernd gesteigerten Belastungsverhältnissen der Hochspannungsapparate. Apparatefabrik und Röntgenröhrenfabrik treten in ein gewisses gegenseitiges friedliches Rivalitätsverhältnis. Kaum brachte die eine einen neuen Apparatetyp an die Öffentlichkeit, der eine höhere Stromleistung als der frühere zu erzielen gestattete, so wurde auch schon in der anderen die Röntgenröhre geboren, die in ihrer Belastungsfähigkeit noch über jenes neu erreichte Maximum hinausging. Immerhin dürfen wir nicht verkennen, daß wir auch heute noch weit davon entfernt sind, die Röntgenröhre in die technische Form einer Maschine übergeführt zu haben; aber gerade das Röhrengebiet ist noch bei weitem nicht bis an seine Grenzen durchforscht, und wir können hoffen, daß früher oder später doch einmal der Tag da sein wird, an welchem die Röntgenröhre die gleiche technische Betriebssicherheit und Einfachheit der Handhabung erreicht haben wird, wie sie etwa dem Elektromotor oder der Glühlampe zukommt. Wie grundlegenden Umgestaltungen die heutige Form der Röntgenröhre immerhin noch zugänglich ist, beweisen beispielsweise die neueren Bestrebungen, gasfreie Röntgenröhren mit reiner Elektronenladung herzustellen, ebenso wie der kürzlich unternommene Versuch, die gesamte zerbrechliche Glasapparatur der Röhre durch eine Metallwandung zu ersetzen. —

Allgemein kann man nun die Tatsache beobachten, daß, sobald ein gewisses Stadium in der technischen Entwicklung eines Gebietes erreicht ist, ein besonderes Interesse der Ausgestaltung verfeinerter und physikalisch zuverlässiger Meßmethoden zugewandt wird. Daß wir diese verhältnismäßig hohe Entwicklungsstufe in der Röntgentechnik bereits erreicht haben, zeigen die in den letzten Jahren immer stärker in die Erscheinung tretenden methodischen Bestrebungen, physikalisch einwandfreie Grundlagen für Härtemessung und Dosierung durch gemeinsame wissenschaftliche Arbeit zu schaffen, und die schon heute sichtbaren fruchtbaren Ergebnisse dieser gemeinschaftlichen Bestrebungen lassen für die nahe Zukunft ein völliges Erreichen jenes wertvollen Zieles erhoffen.

Die eigentliche physikalische Erkenntnis über die Röntgenstrahlen hat, wie ich eingangs bemerkte, infolge der peinlich exakten und ausgereiften Arbeit ihres Entdeckers lange Jahre hindurch keine Fortschritte von grundlegender Bedeutung gemacht. Einen neuen Anstoß nach dieser Richtung hin hat die Forschung erst durch die bedeutsame Lauesche Entdeckung der Interferenz an Kristallen bekommen, für welche ihm bekanntlich der vorjährige Nobelpreis verliehen worden ist. Diese Entdeckung, welche endlich die dem Physiker ersehnte

Klarheit über die Wellennatur der Röntgenstrahlen gebracht hat, verspricht vielleicht im Augenblick für die praktische und speziell medizinische Anwendung der Röntgenstrahlen nicht viel; immerhin sind bereits auf dem Gebiete der kristallinischen und Molekularforschung Aufschlüsse aus Interferenzbeobachtungen an Röntgenstrahlen erhalten worden, die beträchtlich über das Interessengebiet des Theoretikers hinausgehen und sich vielleicht als geeignet dazu erweisen werden, neue Fundamente für große Teile unseres Wissens über den chemischen Aufbau der Stoffe zu geben. Man tut ja überhaupt gut daran, wie die Geschichte der Forschung lehrt, mit dem Urteil über den praktischen Wert neu entdeckter Tatsachen, welche auf den ersten Blick des unmittelbaren technischen Nutzens zu entbehren scheinen, vorsichtig zu sein; hat doch manche große Erfindung, welche dem praktischen Leben ihren beherrschenden Einfluß aufgezwungen hat, ihren Keim in einem oft unscheinbaren Laboratoriumsversuch gehabt, der mit dem, was später sich aus ihm entwickelt hat, nicht mehr die geringste Ähnlichkeit aufweist.

So gewahren wir denn auch heute eine Reihe von verheißungsvollen Ansätzen zu neuen Entwicklungsmöglichkeiten in der Röntgentechnik — ich erinnere nur an die schon erwähnte Kristall- und Molekularforschung, ferner an das für die Therapie bedeutsame Problem der technischen Erzeugung und Verwendung der Sekundärstrahlen, wie auch an die gasfreien Röntgenröhren, — Entwicklungsmöglichkeiten, die uns mit Erwartung und Zuversicht in die Zukunft blicken lassen: mit der Erwartung, daß auch fernerhin alle verfügbaren Kräfte sich zur weiteren Durchforschung der schwebenden Probleme in gemeinsamer Arbeit zusammenschließen werden, und in der Zuversicht, daß die herangereiften Früchte dieser Arbeit der leidenden Menschheit neuen Segen bringen werden.

Auf Anregung des Vorstandes wurde an Exzellenz von Röntgen ein Begrüßungstelegramm gerichtet, welches der Gefeierte mit herzlichem Dank entgegengenommen hat.

Wissenschaftlicher Abend im Eppendorfer Krankenhause. 8. Januar 1916.

Wilbrand bespricht die **Symptomatologie der Hypophysistumoren,** die wichtigsten Erscheinungen sind: Akromegalie, die aber nicht immer vorhanden ist, und bitemporale Hemianopsie.

In dem ersten der von W. beobachteten Fälle, der eine 33jährige Frau betraf, trat vor 7 Jahren Cession der Menses und vor ungefähr 3 Jahren eine Abnahme des Sehvermögens ein, welche in der letzten Zeit sehr viel intensiver wurde; das Röntgenbild ergab keine Erweiterung des Türkensattels. Der vorhandene Symptomenkomplex bestand in Menopause, Kopfschmerzen und progressiver temporaler Hemianopsie. Nach Ausführung der Operation und Radiumbehandlung geringe Besserung des Sehvermögens. Die Operation ergab einen adenomatösen Tumor.

Fall 2. 39jährige Frau, seit 9 Jahren Menopause, seit 2 Jahren vollständig blind mit einfacher Atrophie des Nervus opticus und Kopfschmerzen. Das Röntgenbild zeigte hochgradige Erweiterung und Verwischtsein der Sella turcica und einen Tumor, der in die Keilbeinhöhle hineinragte. Eine binokuläre Amaurose ist unter allen Umständen auf eine Druckatrophie des Chiasmas zu beziehen, sofern die Erscheinungen multiplen Sklerose, einer Tabes resp. Paralyse und einer basalen, gummösen Meningitis ausgeschaltet werden können. Patientin verweigerte die Operation.

Fall 3. Junger Mediziner erkrankt mit Erscheinungen von Adipositas, Schwund der Scham-, Bart- und Achselhöhlenhaare und Abnahme der psychischen Kräfte, Anfällen von Kopfschmerzen; Augenspiegelbefund normal, ebenso der Röntgenbefund. Die Gesichtsfeldaufnahme ergab eine Schädigung der gekreuzten Partien des Chiasmas, beiderseits inkomplete bitemporale Farbenhemianopsie für kleine Untersuchungsobjekte. Patient wollte sich von Hirsch operieren lassen, letzterer aber ließ sich, da das Röntgenbild normal erschien, auf eine Operation nicht ein. Von anderer Seite wurde dann die Diagnose auf eine Meningitis serosa gestellt und die Operation eines Balkenstiches empfohlen. Nach Vornahme desselben trat nach 2 Stunden der Exitus ein. Die Sektion zeigte einen bohnengroßen Tumor in der Nähe des Infundibulums, welcher den Ausführungsgang desselben komprimiert und durch leichten Druck auf die mittlere, hintere, untere Partie des Chiasmas die an identischen Stellen der beiden und äußeren Gesichtsfeldquadranten gelegenen Defekte hervorgerufen hatte.

Fall 4 betraf einen 26jährigen Kaufmann, der außer Kopfschmerzen keinerlei andere nervöse Erscheinungen darbot, außer einer progressiven temporalen Hemianopsie bei normalem Augenspiegel- und sonstigem Befund. Bei der von Hirsch vorgenommenen Operation konnte nur ein Teil des Hypophysistumors entfernt werden. Das Sehvermögen besserte sich etwas und wurde stabil. Das Allgemeinbefinden hob sich so, daß Patient in die Schweiz reisen und sich verloben konnte. Jedoch erfolgte leider nach einem Vierteljahre unter plötzlicher Zunahme des Hirndruckes und Amaurose der Exitus. Sektion verweigert.

Die wichtigsten Erscheinungen dieser 4 Fälle bestanden in Kopfschmerzen und temporaler Hemianopsie, daneben begleitet bei zweien von langjähriger Menopause, bei einem mit Adipositas und Haarschwund, bei einem fehlten jegliche andere Erscheinungen; nur bei einem von diesen 4 Patienten konnte eine starke Veränderung der Sella turcica röntgenologisch wahrgenommen werden.

Hambg. Ärzte-Corresp. 1916, Nr. 5.

Hamburger Ärztlicher Verein. 22. Februar 1916.

Saenger demonstrierte: 1. einen 38jährigen Mann, der seit Juni 1914 eine Abnahme des Sehvermögens bemerkt hatte. Es stellten sich heftige Kopfschmerzen, ferner Flimmern vor den Augen ein. In Kiel war die Diagnose auf einen **Hypophysistumor** gestellt und die Behandlung mit Röntgenstrahlung eingeleitet worden. Nach derselben trat völlige **Amaurose** ein. Den Tumor vom Rachen aus zu entfernen, mißlang. November 1915 wurde eine Palliativtrepanation an der rechten Schädelseite ohne Erfolg ausgeführt.

S. zeigte ein Röntgenbild die durch den Hypophysistumor zerstörte Sella turcica und demonstrierte an dem blinden Patienten, die Zeichen einer beginnenden **Dystrophia adiposo-genitalis.** Die Haut ist fett und glatt geworden und die sekundären Geschlechtscharaktere die Behaarung haben sich dahin geändert; daß die Achselhaare gänzlich geschwunden, Bart und Schamhaare sehr viel spärlicher und dünner geworden sind. Die sexuelle Potens hat seit einem Jahr gänzlich aufgehört.

2. einen 51jährigen Arbeiter ebenfalls mit einem Hypophysistumor, bei dem aber die Symptome der **Akromegalie** schon seit einer Reihe von Jahren bestehen. Hauptsächlich vergrößert ist in diesem Falle der Unterkiefer und die Unterlippe, die Zähne sind auseinandergedrängt. Im Röntgenbild zeigte S. die Zerstörung der Sella turcica.

Dieser Fall ist dadurch ausgezeichnet, daß mehrere Monate Patient total erblindet war. Jetzt besteht rechts völlige Amaurose und links eine temporale Hemianopsie, bei der die Trennungslinie gerade durch den Fixierpunkt geht. Da Patient eine schwere Myokarditis hat, ist ein operativer Eingriff kontraindiziert.

Während bei den Akromegalien es sich in der Regel um eine adenomatöse Geschwulst im Vorderlappen der Hypophyse handelt, finden sich bei der hypophysären Dystrophie Tumoren der verschiedensten Art, die unter Umständen die Hypophysis oder die Infundibulargegend komprimieren. Auch nach Trauma der Hypophysenregion oder auch bei chronischem Hydrocephalus beobachtete man schon das in Rede stehende Krankheitsbild.

Nach S. entsteht die Dystrophie adiposo-genitalis entweder durch Behinderung des Abflusses des Hypophysensekretes oder durch Reizung des Hinterlappens der Hypophysis.

Lorey stellt einen Kranken mit **posttyphöser Knochenerkrankung,** die unter dem Bilde eines chronischen Gelenkrheumatismus verlief, vor, unter Demonstration der dazu gehörenden Röntgenbilder. Der Kranke hatte sich im Felde einen Typhus zugezogen. Schon während der Rekonvaleszenz traten Gelenkschmerzen auf. Bei der Aufnahme im Eppendorfer Krankenhause im Juni 1915 bestand eine Schwellung der beiden Ellenbogen, der Kniegelenke und des linken Handgelenks. Eine antirheumatische Behandlung blieb vollkommen erfolglos. Da der Patient außerdem vor 4 Jahren eine Syphilis überstanden und jetzt noch einen stark positiven Wassermann hatte und während des hiesigen Krankenhausaufenthaltes eine syphilitische Angina auftrat, wurde als Ursache der chronischen Gelenkserkrankung zunächst eine Lues angenommen, und eine antisyphilitische Kur eingeleitet. Die Behandlung war jedoch vollkommen ohne Erfolg Gegen Ende der Kur trat sogar eine Verschlimmerung der Gelenkserkrankung auf. Die nun angefertigten Röntgenbilder zeigten einen Befund, der nicht für Knochensyphilis sprach. An den unteren Enden der Oberarmknochen nahe den Gelenken, sowie an dem Condylus externus beider Tibien war ein kortikaler Resorptionsherd zu sehen, ohne irgend welche reaktiven Knochenwucherungen ostitischer oder periostitischer Natur, wie man sie bei Lues eigentlich nie vermißt. Am unteren Ende der linken Ulna war ein über Taubenei großer osteomyelitischer Herd vorhanden mit leichter Periostitis an der entsprechenden Stelle. Ebenso fand sich eine geringe Aufhellung des Knochens an der Grundphalanx der linken großen Zehe, die auf eine zentrale Einschmelzung gedeutet werden mußte. Auch hier fehlte in der Umgebung jegliche reaktive Knochenveränderung. Die Erkrankung hat sich unter rein symptomatischer Therapie soweit gebessert, daß Patient jetzt wieder fast vollkommen die Gebrauchsfähigkeit seiner Glieder erlangt hat. Der Röntgenbefund hat in einer 2 Monate später erfolgten Kontrollaufnahme sich nicht verändert. Die Knochenerkrankungen nach Typhus kommen recht selten zur Be-

obachtung, sie pflegen stets gutartig zu verlaufen und zeigen, wenn keine Mischinfektion vorhanden ist, keine Neigung zu eitriger Einschmelzung. Wir haben bei unserm Patienten die zwei Formen in der sie auftreten, vereinigt, 1. die kortikalen Einschmelzungsherde und 2., was viel seltener ist, eine zentrale Osteomyelitis. Bemerkenswert ist noch, daß die kortikalen Herde symmetrisch aufgetreten sind, während dies bei den osteomyelitischen nicht der Fall ist. Hamburger Ärzte-Corresp. 1916, Nr. 11.

Geburtsh. Ges. Hamburg. 21. XII. 15.

Spaeth demonstriert erstens einen **Tumor aus der Uteruswand** einer im VI. Monat Igravida, der sehr schnell gewachsen war. Wegen heftiger Schmerzen und leichter Temperatursteiggrungen wurde unter Annahme von Nekrosen operiert: der Tumor ließ sich leicht aus der Uteruswand ausschälen. Die Schwangerschaft blieb erhalten. Der Tumor war durchsetzt von Cysten, die mit gelbbräunlicher Flüssigkeit gefüllt waren; also cystische Erweichung eines nekrotisch gewordenen Myoms. 2. ein Myom, das ursprünglich ganz glatt gewesen und bestrahlt worden war im Jahre 1909 102 Minuten lang mit Lederfilter von beiden Seiten des Leibes aus. Dann Wiederholung der Bestrahlung in jedem Jahr; die Blutungen hörten auf. 1912 wieder kleinere Blutungen, damals Bestrahlung 300 x mit Aluminiumfilter, 1914 nochmals 240 x. Im Herbst 1914 sehr starke Blutungen, die angeratene Operation wurde abgelehnt. 1915, 1. Dezember, kam sie sehr ausgeblutet wieder, nur 24% Hämoglobin. Der Tumor hatte sich aus einem glatt kugeligen in einen vielknolligen verwandelt, die Operation gelang; in der Uterushöhle fand sich ein Adenokarzinom. Die sehr intensive Bestrahlung schützt also ebensowenig vor Karzinom, wie die Kastration. Korpuskarzinome sind häufig vergesellschaftet mit Myomen. Vielleicht regt das schrumpfende Myom die Karzinombildung an. Vortragender hält eine Statistik über solche Fälle für wertvoll; wenn diese ergibt, daß häufiger Karzinombildung nach operativer — oder Röntgenkastration auftritt, so wäre die Radikaloperation doch vorzuziehen.

Diskussion:

Rösing glaubt nicht an einen Zusammenhang zwischen Myom und Karzinom. Er hält das Karzinom für eine senile Erscheinung und sieht eine Gefahr in der Kastration, weil sie präsenile Erscheinungen begünstigt. Er glaubt, daß manche der bestrahlten Fälle doch nur jahrelang die Operation vermeiden, um später wegen anderen Leidens doch noch operiert werden zu müssen. Er glaubt, daß solche, wie der berichtete Fall, sich mehren werden.

Rüder meint, die Fälle häufen sich, in denen nach der Bestrahlung nachträglich Karzinome oder Sarkome der Ovarien auftreten. Eine Statistik über solche Fälle wäre auch von Bedeutung.

Hamburger Ärzte-Corresp. 1916, Nr. 5.

Ärztlicher Verein in Hamburg. Sitzung am 4. April 1916.

Haenisch: M. H. Ich möchte Ihnen kurz zwei Röntgenbefunde demonstrieren, die an sich wohl ziemlich selten sind, aber insofern für den Praktiker einiges Interesse besitzen, als es bei der klinischen Untersuchung von Wert sein dürfte, bei einschlägigen Fällen an die Möglichkeit derartiger Befunde zu denken.

1. 12 Jahre altes Mädchen ist Tags zuvor beim Turnen mit dem linken Knie gegen eine Sprossenleiter geschlagen. Der Fall wird mir mit Verdacht auf Fraktur des Condylus femoris int. zur Untersuchung geschickt. Es findet sich eine knochenharte, tiefliegende, ovale Resistenz oberhalb des medialen Kondylus, die bei Druck schmerzhaft ist. Eine Kondylusfraktur ist wohl auszuschließen, da die Schmerzhaftigkeit besonders in Ruhe zu gering, das Kniegelenk frei ist, usw. Der Tumor macht den Eindruck einer Exostose, wegen der Schmerzhaftigkeit ist, im Hinblick auf das Trauma, auch an ein prallgefülltes, tiefliegendes Hämatom zu denken. Der Röntgenbefund zeigt nun zunächst, daß es sich um eine gestielte kartilaginäre Exostose handelt, die langgestreckt, von der Epiphysenlinie aus aufwärts, neben dem Femur liegt. Des weiteren aber findet sich, was bis jetzt gesehen zu haben, ich mich nicht entsinne, eine Fraktur im Stiel der Exostose, die bei dem Trauma entstanden ist.

2. 7jähriges Mädchen wird mir zur Untersuchung der Wirbelsäule überwiesen. Der Großmutter war eine, bis dahin unbeachtete Vorwölbung der unteren Wirbelsäule aufgefallen. Der konsultierte Arzt konnte sich von einer Erkrankung der Wirbelsäule nicht überzeugen. Im Sitzen erscheint die Lendenwirbelsäule etwas vorgewölbt, keine Druckschmerzhaftigkeit, kein Stauchungsschmerz usw. Als ich die Patientin zur rein frontalen Aufnahme rein seitlich legte und die Wirbelsäule streckte, fiel mir eine lordosenartige Einsenkung der untersten Brustwirbelsäule auf. Die Aufnahme zeigte nun, daß die Processi spinosi des XI. und XII. Brustwirbels vollkommen fehlen, während die Proc. spinosi der oberen Brustwirbelkörper und der Lendenwirbelsäule gut ausgebildet sind. Die daraufhin gemachte Sagittalaufnahme klärt den Fall restlos auf. Hier sieht man, daß am XI. und XII. Brustwirbel die Bögen nicht zur vollkommenen Vereinigung gekommen sind. Es besteht ein schmaler Spalt in der Mittellinie. Die Proc. spinosi sind gar nicht gebildet. Es handelt sich also um den geringsten Grad einer partiellen, als Rachisschisis bezeichneten Hemmungsmißbildung. Zu einer Spina bifida-Bildung ist es bei dem schmalen Spalt nicht gekommen, auch sonst fehlen alle äußeren Zeichen der Mißbildung. (Autoreferat.)

b) Journalliteratur.

Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften zu Wien. Bd. 123, S. 2407. 1914.

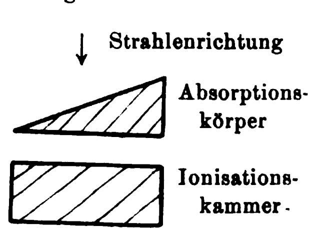
O. Hönigschmid und St. Horovitz: **Über das Atomgewicht des Uranbleies.** Nach der kürzlich zumal durch Fajans gelungenen Einordnung der radioaktiven Elemente in das periodische System der gesamten chemischen Elemente muß das letzte Zerfallsprodukt der Uran-Radiumreihe, das Radium G, in dieselbe Reihe jenes Systems fallen wie das Blei und daher auch mit diesem in seinen chemischen Eigenschaften vollkommen übereinstimmen. Andererseits berechnet sich nun aber das Atomgewicht des Radium G nach der Zerfallstheorie, je nachdem man dabei von dem Atomgewicht des Urans oder des Radiums ausgeht, zu bzw. 206,18 oder 205,97, im Mittel also zu 206,08, während das Atomgewicht des gewöhnlichen Bleies 207,1 beträgt, also um eine ganze Einheit höher ist als der des Uranbleies. Um nun diese Folgerungen der Theorie zu bestätigen, bestimmten die Verf. das Atomgewicht des aus einem krystallisierten, d. h. also ursprünglich vollkommen reinen Uranerz aus Morogoro in Deutsch-Ostafrika nach den gewöhnlichen analytischen Methoden abgetrennten Bleies und fanden es tatsächlich gleich 206,05, d. h. also dem berechneten Werte außerordentlich nahe, während das mit denselben chemischen Reagentien bestimmte Atomgewicht des gewöhnlichen Bleies sich zu 207,18 ergab. Dabei zeigten diese beiden Bleisorten nicht bloß ein vollkommen gleiches chemisches Verhalten, sondern auch genau das gleiche Spektrum, so daß also durch diese Untersuchungen bewiesen ist, daß es chemische Elemente gibt, die vollkommen gleiche chemische Eigenschaften und trotzdem ein verschiedenes Atomgewicht haben.

The Physical Review. Bd. 7, S. 119. 1916.

A. H. Forman: **Die Wirkung der Magnetisierung auf die Durchlässigkeit des Eisens für Röntgenstrahlen.** In einer früheren Untersuchung, bei welcher eine Eisenplatte senkrecht zu dem Weg der Röntgenstrahlen in derselben magnetisiert worden war, hatte Verf. keinen Einfluß der Magnetisierung auf die Durchlässigkeit des Eisens für diese Strahlen finden können, trotzdem die Genauigkeit der Versuche bis zu $^1/_{10000}$ des gemessenen Wertes der Durchlässigkeit getrieben werden konnte. Neuerdings hat nun Verf. Versuche von ähnlicher Genauigkeit gemacht, bei denen das Eisen in einer zum Weg der Röntgenstrahlen parallelen Richtung magnetisiert wurde, und hierbei ein positives Ergebnis erzielt. Es zeigte sich nämlich in diesem Falle bei einer Feldstärke von 3500 Gauß eine Verminderung der Durchlässigkeit des benutzten Eisenstückes um etwa 0,005 des Wertes. Da nun weiches Eisen erst bei ungefähr 15000 Gauß magnetisch gesättigt ist, so glaubt Verf., daß bei dieser Feldstärke die Wirkung noch eine viel größere sein würde.

Physikalische Zeitschrift. Bd. 16, S. 362. 1915.

Th. Christen: **Messung der Flächenenergie unabhängig vom Härtegrad.** Verf. zeigt, daß sich die in einer Ionisationskammer absorbierte Strahlungsenergie von der Härte der auf die Kammer fallenden Strahlung dadurch nahezu vollkommen unabhängig machen läßt, daß man erstens dem senkrecht zur Strahlungsrichtung liegenden Querschnitt der Kammer eine ganz bestimmte Form gibt und ferner zweitens vor die Kammer einen Absorptionskörper schaltet, dessen in der Strahlungsrichtung liegender Querschnitt ebenfalls eine ganz bestimmte Form hat. Die einfachste Zusammenstellung ergibt für die Kammer die Form eines parallelepipedischen Kastens und für den zugehörigen Absorptionskörper die eines prismatischen Keiles. Beide sind nach Art der nebenstehenden Figur hintereinander zu schalten. Während nämlich ohne den Absorptionskörper in der Kammer der weichere Teil eines Strahlengemisches stärker absorbiert wird und daher auch stärker wirkt als der härtere, absorbiert wieder der davor geschaltete Keil die erstere Strahlung stärker als die letztere und gleicht daher die Wirkung beider Strahlungen auf die Kammer größtenteils aus. Verf. gibt noch eine Reihe anderer Formen von Kammer und Absorptionskörper an. Eine solche Apparatur erscheint besonders für die Messung nicht homogener Strahlengemische geeignet, wie wir es ja auch in den Strahlen einer Röntgenröhre vor uns haben. Walter (Hamburg).



Med. Klinik. Nr. 24. 1915.

Rauch-Wien: **Über periostale Späterkrankungen nach Ruhr.** Es handelt sich um Veränderungen, ähnlich denjenigen, wie sie beim Typhus bekannt sind. Sitz der Erkrankung war in den beschriebenen vier Fällen die Tibia bzw. Fibula. Die Vorderfläche der Knochen ist schmerzhaft, so daß dem Patienten das Gehen unmöglich gemacht ist. Auf dem Bilde findet man deutlich periostale Auflagerungen. Symptomatische Behandlung war erfolglos. Erst Röntgenbestrahlungen brachten auch objektiv nachweisbare Heilungen.

Nr. 34. Kaestle-München: **Röntgenologische Fremdkörpersuche bei Kriegsverwundeten.** Beschreibung und Empfehlung des vom Verfasser angegebenen Trochoskops.

Nr. 35. Drüner: **Die Bestimmung der Geschoßlage mittels der Stereoskopie.** D., dessen große Verdienste um den Ausbau des Stereoskopverfahrens in der Röntgenkunde keiner Würdigung mehr bedürfen, macht nochmals auf die exakte Lokalisationsmöglichkeit stereoskopischer Meßmethoden gegenüber anderer Verfahren (z. B. das von Wachtel) aufmerksam. (Vgl. auch den Vortrag von Trendelenburg-Innsbruck: Stereoskopische Meßmethoden an Röntgenaufnahmen. Zeitschr. f. ärztl. Fortbildung 1916, Nr. 3. Ref.)

Nr. 41. Fritz Meyer-Berlin: **Die Röntgenepilationsdose in ihrer praktischen Bedeutung.** Für die Radioepilation kommt, wie Verf. zusammenfassend auf Grund seiner praktischen Erfahrungen mitteilt, ausschließlich die filtrierte Strahlung in Betracht, weil bei ihrer Anwendung die therapeutische und die toxische Dosis auseinanderrücken. In den Fällen, wo keine Radioepilation gewünscht wird, ist größte Vorsicht am Platze, weil besonders bei kranker Haut die Empfindlichkeit der Haarpapille außerordentlich gesteigert ist, nur wenn alle anderen Mittel versagen, soll man die Röntgenbehandlung in Vorschlag bringen. Schon auf ganz geringe Strahlenmengen kann eine Epilation erfolgen, ohne daß man dies voraussagen kann, ebenso ist der Zeitpunkt des Wiederauftretens der Haare nicht vorauszubestimmen. Wenn in der Nähe der Bestrahlungsfelder Haare vorhanden sind, ist peinlichste Abdeckung erforderlich. Die Behandlung des teilweisen Haarausfalls mit Röntgenstrahlen, ganz gleich ob dieselben hart oder mittelweich sind, ist wegen der Unmöglichkeit einer genauen Feststellung der Reizdosis zu verwerfen. Die erhöhte Wirkung der filtrierten Strahlen auf die Haarpapille erklärt sich nicht nur durch ihre größere Tiefenwirkung, sondern auch durch ihre biologischen Eigenschaften.

Centralblatt für Chirurgie. 1915, Nr. 25, S. 443.

Hartleib-Bingen: **Isolierte Luxatio fibulae im Talocruralgelenk.** Die sehr seltene Verletzung wurde bei einem Ulan beobachtet, der vor zwei Jahren beim Abspringen vom Reck sich eine vorübergehende Fußverstauchung zugezogen hatte. Erst durch die während des Krieges sich mehrenden Anstrengungen kamen neue Beschwerden, bis eines Tages der Fuß bei dem Versuch durchgehende Pferde aufzuhalten, umknickte. Der Röntgenbefund ergab eine Luxation des distalen Fibulaköpfchens nach hinten, die sich jedesmal dann einstellte, wenn Patient auf dem kranken Bein zu stehen versuchte. Die Behandlung war eine operative: da es sich nicht als möglich erwies, die gelockerten Bänder zu reffen, wurde eine Schraube eingelegt, durch die die Fibula mit der Tibia vereinigt wurde. Wenn auch die Röntgenkontrolle ergab, daß die eingesetzte Schraube einen Teil des Talus mit gefaßt hatte, so war doch das funktionelle Resultat ein gutes.

Nr. 25, S. 445. Schwarz-Wien: **Beitrag zur Aufnahme von ankylosierten Gelenken.** Die Röntgenaufnahme ankylosierter Gelenke macht wegen der Winkelstellung Schwierigkeiten. Um diese zu beheben verfährt man folgendermaßen: mit Hilfe von zwei Holzbrettern konstruiert man sich eine Lagerungsvorrichtung, in welche das betreffende Glied genau hineinpaßt. Auf das Gestell legt man die Platten derart auf, daß sie in dem Winkel genau aneinander stoßen. Nunmehr wird das erkrankte Glied fest auf die Lagerungsvorrichtung aufgeschnallt und direkt auf den Winkel zentriert. Man bekommt so zwei Aufnahmen; setzt man diese aneinander, dann erhält man ein genaues scharfes Bild des Gelenks (2 Abbildungen).

Nr. 27. Weischer: **Ein Beitrag zur Lokalisation der Fremdkörper nach Levy-Dorn.** Technische Einzelheiten, mit deren Hilfe es auch demjenigen, der die Kosten teurer Lokalisationsapparate scheut, gelingt, Fremdkörper zu lokalisieren.

Oskar Orth: **Traumatische Luxation der I. Phalanx der rechten kleinen Zehe im Metakarpophalangealgelenk** (soll heißen Metatarsophalangealgelenk, Ref.). Nr. 22. Die Ursache der seltenen Läsion war ein Sturz mit dem Pferde, wobei der rechte Fuß des Kranken unter den Pferdekörper zu liegen kam. Die Reposition mußte auf blutigem Wege erfolgen, von einem Schnitt am äußeren Zehenrande aus. Vollkommene Heilung.

Nr. 36, S. 649. Kredel-Hannover: **Die intracerebrale Pneumatocele nach Schußverletzungen.** Verfasser fügt dem zuerst von Duken beschriebenen Krankheitsbild einen weiteren Fall bei. Es handelt sich um die Entwicklung eines Hohlraums im Gehirn, der sich im Anschluß an eine Verletzung, namentlich der Stirnhöhlen, ausbildet und der mit Luft angefüllt ist. Dabei besteht ein Plätschergeräusch im Gehirn. Die Diagnose wird durch das Röntgenbild gestellt, auf dem man einen Schatten von erheblicher Ausdehnung sieht. Die Therapie ist eine chirurgische. Auch im Falle des Verfassers brachte die Operation volle Heilung. Hayward (Berlin).

Druck von Hesse & Becker in Leipzig.

Anweisung für die Verpackung von Platten.

Infolge mangelhafter Verpackung erhält die Redaktion die zur Reproduktion bestimmten Platten sehr häufig in zerbrochenem Zustande. Um die Autoren vor Schaden zu bewahren, empfehlen wir die Platten durch einen Sachverständigen (Glaser, Photograph) verpacken zu lassen. Sollte dieses nicht möglich sein, so verfährt man zweckmässig in folgender Weise. Die zum Postversand bestimmten Platten werden in Seidenpapier (nicht in Zeitungspapier) eingewickelt, in einen leeren Plattenkasten von gleichem Format verpackt. Für den Fall, dass sie den Kasten nicht vollständig ausfüllen, muss der übrig bleibende Raum mit Watte prall ausgefüllt werden. Der Plattenkasten wird alsdann mit Bindfaden verschnürt und nunmehr in einer Kiste sorgfältig mittelst Holzwolle verpackt. Der Plattenkasten kann auch in einer dicken Umhüllung von Holzwolle mittelst Packpapier umwickelt und verschnürt werden. Jedenfalls muss im letzteren Falle die Schicht der Holzwolle so dick genommen werden, dass etwaige Stösse nicht bis auf den Kasten durchzudringen vermögen.

Manuskripte sind an die Redaktion, Prof. Dr. Albers-Schönberg, Allgemeines Krankenhaus St. Georg, Hamburg 5, zur Reproduktion bestimmte Platten direkt an den Verlag zu richten. Druckschriften können auch auf dem Buchhändlerwege durch die Verlagsbuchhandlung Lucas Gräfe & Sillem in Hamburg übermittelt werden.

Für die Tafeln bitten wir der Verlagsbuchhandlung nur tadellos ausgeführte Abzüge zu senden oder, falls solche nicht vorhanden, die Original-Negative.

Unsere Herren Mitarbeiter erhalten 10 Separatabdrücke von den Tafeln und 25 Abzüge ihrer Arbeit gratis nach Drucklegung des Heftes.

Druck von Hesse & Becker in Leipzig.

Band XXIV Ausgegeben am 25. Juli Heft 2

Fortschritte

auf dem Gebiete der

Röntgenstrahlen

Unter Mitwirkung von

herausgegeben von

Professor Dr. Albers-Schönberg

Hamburg
Lucas Gräfe & Sillem
(Edmund Sillem)
1916

Die Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen erscheinen bei ***Lucas Gräfe & Sillem in Hamburg****, Kaiser-Wilhelm-Strasse 82 I, in Bänden von je 6 Heften. Abonnementspreis 30 Mark pro Band.*

Inhalt.

Sachregister.

Literatur-Register der Fortschritte 1897—1907 in Band XI. (**Sep.-Abdruck Preis M. 1.—**.)

Namenregister (ein * bedeutet Originalartikel).

(Fortsetzung auf Seite 3 des Umschlages.)

Eine neue Methode zur Intensitäts- und Härtebestimmung von Röntgenstrahlen (besonders für die Zwecke der Tiefentherapie).

Von

Dr. phil. **R. Glocker.**

(Hierzu Tafel VIII.)

Zahlreiche physikalische Untersuchungen, welche zum größten Teil erst den letzten drei Jahren angehören, haben den experimentellen Beweis geliefert für die Richtigkeit der Anschauung, daß die Röntgenstrahlen ihrer Natur nach eine Art Licht sind und daß ihre große Verschiedenheit vom sichtbaren Licht damit zu erklären ist, daß ihre Wellenlängen 10000 mal kleiner sind als die des sichtbaren Lichtes. Wie in der Optik die Verschiedenheit der Farbe des Lichtes physikalisch bedingt ist durch die Größe der Wellenlänge, so entspricht auf dem Gebiet der Röntgenstrahlen der Verschiedenartigkeit der Wellenlängen eine verschiedene Durchdringungsfähigkeit (Härte) der Strahlen. Auch die bekannte Tatsache, daß die am häufigsten vorkommende Lichtart, das weiße Licht, eine Zusammensetzung von Licht der mannigfachsten Farben darstellt, hat ihre Analogie im Röntgengebiet: Jede von einer Röntgenröhre gelieferte Strahlung ist eine Mischung von Strahlen der verschiedensten Durchdringungsfähigkeiten; der heterogene Charakter einer solchen Strahlung kann daher in entsprechender Weise durch die Bezeichnung „weißes Röntgenlicht" zum Ausdruck gebracht werden. Eine harte Röntgenröhre erzeugt z. B. nicht bloß harte, sondern immer auch gleichzeitig mittelharte und weiche Strahlen; der Hauptanteil der ganzen Strahlungsenergie wird jedoch in Form von harten Strahlen ausgesandt. Je nachdem also die Intensität der sehr durchdringenden oder der leicht absorbierbaren Strahlen in dem Gemisch vorherrscht, bezeichnen wir die Strahlung als hart oder weich.

I. Die bisherigen Methoden der Härtemessung und das Problem der Strahlenanalyse.

Auf Grund dieser Anschauungen ist es ohne weiteres einleuchtend, daß alle diejenigen Härtemeßmethoden, deren Resultat durch eine einzige Zahl dargestellt wird, z. B. Benoistskala, nur einen gewissen Mittelwert der Härte ergeben können und daß sie nicht den geringsten Anhalt über die Zusammensetzung einer Strahlung zu liefern vermögen. Durch eine solche Härtemessung ist daher die Qualität einer Strahlung nicht eindeutig bestimmt; im letzten Abschnitt dieser Arbeit wird an einem experimentellen Beispiel gezeigt werden, wie verschieden der Charakter von zwei Strahlungen sein kann, welche nach Benoist gemessen denselben Härtegrad ergeben.

Um die biologische Wirkung einer Strahlung im voraus beurteilen zu können, ist es notwendig zu wissen, in welcher Intensität die einzelnen Strahlungsbestandteile verschiedener Durchdringungsfähigkeit darin enthalten sind. Holzknecht und Weißenberg[1]) haben in einer umfassenden Arbeit über technische Strahlenmessung die Forderung aufgestellt, daß eine Härtemessung inhomogener Strahlen, selbst im einfachsten Fall der Zusammensetzung aus nur zwei Sorten verschiedener Härte, drei Zahlen, nämlich zwei Härtezahlen und eine Verteilungs-

[1]) Fortschritte XXIII, 3, 257.

zahl, ergeben müsse. (Diese Verteilungszahl soll das Intensitätsverhältnis der beiden Sorten angeben.) Nach einer Überprüfung der vorhandenen Härtemeßmethoden gelangen die Verfasser zu dem Schlußresultat, daß keine einzige derselben die Bedürfnisse des Therapeuten zu befriedigen vermag.

Mit wachsender Erkenntnis von der Unzulänglichkeit der „einzahligen" Härtemessungen wurden zahlreiche Verfahren ersonnen, um aus wiederholten Absorptionsmessungen einer Strahlung (unter stetiger Erhöhung der absorbierenden Schichtdicke) ihre Zusammensetzung zu erforschen. Inwiefern können diese Verfahren, deren eingehende Besprechung hier zu weit führen würde, als Lösung des von Holzknecht formulierten Problems der Strahlenanalyse gelten?

Ihnen allen gemeinsam ist zunächst der Fehler, daß die Intensität verschiedenartiger Strahlungsgemische gemessen wird, indem der Ausschlag eines Iontometers, Selenintensimeters usw. ohne weiteres als ein Maß für die gesuchte Strahlungsintensität angenommen wird. Die Angaben aller im praktischen Gebrauch befindlichen Apparate zur Intensitäts- oder Energiemessung einer Strahlung sind bekanntlich in hohem Grade abhängig von der Absorbierbarkeit der zu messenden Strahlung. Es ist das Verdienst von Christen, immer wieder mit Nachdruck darauf hingewiesen zu haben, daß zwei Strahlungen, deren Intensität nach Angabe eines solchen Meßapparates gleich gefunden wird, nur dann wirklich gleiche Intensität besitzen, wenn ihre Absorbierbarkeit dieselbe ist, d. h. im Falle der Messung heterogener Strahlungen, wenn ihre Zusammensetzung aus Strahlen der verschiedenen Härtegrade genau die gleiche ist. Wie groß der durch Nichtberücksichtigung dieser Tatsache entstehende Fehler ist, zeigt folgendes Beispiel: Eine Strahlung von $^1/_2$ cm Halbwertschicht in Wasser übt eine etwa sechsmal so große Ionisationswirkung aus wie eine gleich intensive Strahlung von 3 cm Halbwertschicht. Würde man also die Ausschläge eines Iontometers[1]) als direktes Maß der Intensität ansehen, so würde die Intensität der weicheren Strahlung sechsmal zu groß gefunden werden. Eine ähnliche Abhängigkeit des Meßresultates von der Härte der auffallenden Strahlung besteht zweifellos auch für die Selenzelle[2]), wenngleich der experimentelle Beweis dafür noch aussteht. Auf die Tatsache, daß bei einer photographischen Intensitätsmessung eines Strahlungsgemisches die ungünstige Lage des Absorptionsmaximums des Silbers diese Verhältnisse noch komplizierter gestaltet, wurde schon von verschiedenen Seiten hingewiesen[3]). Der direkte experimentelle Beweis für die sprunghaft gesteigerte Empfindlichkeit der photographischen Platten für Strahlen von über $1^1/_2$ cm Halbwertschicht in Wasser, wurde zuerst von Wagner[4]) erbracht.

Vergleichen wir also die Angaben irgendeines solchen Intensitätsmeßinstrumentes bei Einschaltung eines Aluminiumfilters von 1 mm bzw. 5 mm Dicke, so haben wir zu berücksichtigen, daß im ersten Falle das Strahlengemisch aus weichen + mittelharten + harten Strahlen, im zweiten Falle hauptsächlich nur aus harten Strahlen besteht; der Unterschied in der Absorbierbarkeit der beiden auf das Reagens fallenden Strahlungsgemischen ist demnach ein sehr beträchtlicher und infolgedessen gibt das Verhältnis der Angaben des Instrumentes einen Wert, der vom wahren Intensitätsverhältnis sich bedeutend unterscheidet. — Diese Fälschung des Resultates macht sich natürlich auch bei jeder der gebräuchlichen Bestimmungsmethoden des Quotienten aus Oberflächendosis zu Tiefendosis bemerkbar. — Um diesen Fehler korrigieren zu können, ist die Kenntnis der Absorbierbarkeit der untersuchten Strahlung bzw. ihre Zusammensetzung aus den verschiedenen Härtegraden unbedingt erforderlich; aber gerade

---

[1]) Eine Einführung des von Christen (Phys. Zeitschr. 16, 362, 1915 und Fortschritte XXIII, 6, 520) vorgeschlagenen Verfahrens in den praktischen Röntgenbetrieb würde einen großen Fortschritt in dieser Hinsicht bedeuten.

[2]) Vgl. z. B. Grann, Fortschritte XXIII, 3, 274.

[3]) Z. B. Grossmann, Fortschritte XXII, 4.

[4]) Spektraluntersuchungen an Röntgenstrahlen. Annalen der Physik 46, 868 ff., 1915.

die Ermittlung jener Zusammensetzung ist ja das Ziel jener Absorptionsmessungen: Um die Messung exakt vornehmen zu können, müßten wir gerade diejenigen Größen schon kennen, welche wir durch das Verfahren zu ermitteln suchen. Es ist somit evident, daß die Zusammensetzung einer heterogenen Strahlung auf direktem Wege durch Absorptionsmessungen mittels der gebräuchlichen Meßinstrumente niemals in exakter Weise erforscht werden kann.

Abgesehen von diesem, mitunter sehr beträchtlichen Meßfehler, bedeuten diese Absorptionsmessungen an Schichten veränderlicher Dicke (Aluminium-Phantomen usw.) gegenüber den „einzahligen" Härtemessungen einen großen Fortschritt, indem sie uns eine erste Orientierung über den Charakter einer Strahlung verschaffen.

Eine direkte Strahlenanalyse im Sinne der Holzknechtschen Problemstellung kann jedoch auf diesem Wege nicht erhalten werden: Die Intensitätsabnahme, welche bei Erhöhung der absorbierenden Schicht von z. B. 1 auf 2 mm Aluminium gemessen wird, rührt her von einer Schwächung der weichen, mittelharten und harten Strahlungskomponenten; da nun aber unermittelt bleibt, in welcher Weise sich diese Intensitätsschwächung auf die einzelnen Strahlungsbestandteile verschiedener Härte verteilt, so ist es nicht möglich direkt zu bestimmen, wieviel stärker z. B. die mittelharte Strahlungsgruppe (von etwa 1 cm Halbwertschicht in Wasser) vertreten ist gegenüber der weichen Strahlungsgruppe (von etwa $^1/_2$ cm Halbwertschicht). Abgesehen von extremdicken Filtern handelt es sich stets um Summationswirkungen verschiedener Strahlungsgruppen von verschiedener und dazu noch unbekannter Durchdringungsfähigkeit, so daß die erhaltenen Meßresultate Mittelwerte der Intensitäten einer Summe von Strahlungskomponenten darstellen; die Zahl der Summanden nimmt natürlich ab mit zunehmender Dicke des Filters.

Auf indirekte Weise ist es zwar möglich — wie ein von Weißenberg[1]) geschickt erdachtes, graphisches Verfahren zeigt — auf Grund solcher Absorptionsmessungen eine Strahlenanalyse durchzuführen, indem für mehrere Komponenten des Gemisches Intensität und Härtegrad näherungsweise berechnet werden kann. Außer der Schwierigkeit der Bestimmung der sogenannten Überschicht dürfte jedoch wohl die Umständlichkeit der Zeichnung einer Einbürgerung des Verfahrens in medizinischen Kreisen hinderlich sein.

Als Ergebnis dieser Betrachtung ergibt sich also, daß keine der bisher bekannten Methoden die Frage nach der Zusammensetzung einer heterogenen Strahlung direkt experimentell zu beantworten vermag; es erscheint daher notwendig, die experimentelle Lösung des Problems der Strahlenanalyse auf einem ganz anderen Wege zu versuchen.

II. Eine direkte Methode der Strahlenanalyse.

Ein Verfahren zur direkten experimentellen Lösung des Problems der Strahlenanalyse muß notwendig den folgenden drei Bedingungen genügen:

1. Das heterogene Strahlengemisch muß in seine Bestandteile verschiedener Härtebezirke zerlegt werden;
2. die Intensitäten der einzelnen Bestandteile müssen voneinander getrennt zur Messung gelangen;
3. die Härtegrade dieser zur Intensitätsmessung gelangenden Strahlungsgruppen müssen gleichzeitig ermittelt werden.

Die physikalisch exakteste Lösung des Problems bietet zweifellos das Röntgenstrahlenspektrometer[2]); dieser Apparat beruht auf der Tatsache, daß Röntgenstrahlen verschiedener Wellenlänge (d. h. Härte) beim Durchgang durch einen langsam rotierenden Kristall in verschie-

[1]) Fortschritte XXIII, 3, 234 ff. (und 6, 526 ff.; Anm. bei der Korrektur).
[2]) Wagner, Annalen der Physik, 46, 868 ff., 1915.

Die Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen erscheinen bei Lucas Gräfe & Sillem in Hamburg, Kaiser-Wilhelm-Strasse 82 I, in Bänden von je 6 Heften. Abonnementspreis 30 Mark pro Band.

Inhalt.

Sachregister.

Literatur-Register der Fortschritte 1897—1907 in Band XI. (Sep.-Abdruck Preis M. 1.—.)

Namenregister (ein * bedeutet Originalartikel).

(Fortsetzung auf Seite 3 des Umschlages.)

Eine neue Methode zur Intensitäts- und Härtebestimmung von Röntgenstrahlen (besonders für die Zwecke der Tiefentherapie).

Von

Dr. phil. **R. Glocker.**

(Hierzu Tafel VIII.)

Zahlreiche physikalische Untersuchungen, welche zum größten Teil erst den letzten drei Jahren angehören, haben den experimentellen Beweis geliefert für die Richtigkeit der Anschauung, daß die Röntgenstrahlen ihrer Natur nach eine Art Licht sind und daß ihre große Verschiedenheit vom sichtbaren Licht damit zu erklären ist, daß ihre Wellenlängen 10000 mal kleiner sind als die des sichtbaren Lichtes. Wie in der Optik die Verschiedenheit der Farbe des Lichtes physikalisch bedingt ist durch die Größe der Wellenlänge, so entspricht auf dem Gebiet der Röntgenstrahlen der Verschiedenartigkeit der Wellenlängen eine verschiedene Durchdringungsfähigkeit (Härte) der Strahlen. Auch die bekannte Tatsache, daß die am häufigsten vorkommende Lichtart, das weiße Licht, eine Zusammensetzung von Licht der mannigfachsten Farben darstellt, hat ihre Analogie im Röntgengebiet: Jede von einer Röntgenröhre gelieferte Strahlung ist eine Mischung von Strahlen der verschiedensten Durchdringungsfähigkeiten; der heterogene Charakter einer solchen Strahlung kann daher in entsprechender Weise durch die Bezeichnung „weißes Röntgenlicht" zum Ausdruck gebracht werden. Eine harte Röntgenröhre erzeugt z. B. nicht bloß harte, sondern immer auch gleichzeitig mittelharte und weiche Strahlen; der Hauptanteil der ganzen Strahlungsenergie wird jedoch in Form von harten Strahlen ausgesandt. Je nachdem also die Intensität der sehr durchdringenden oder der leicht absorbierbaren Strahlen in dem Gemisch vorherrscht, bezeichnen wir die Strahlung als hart oder weich.

I. Die bisherigen Methoden der Härtemessung und das Problem der Strahlenanalyse.

Auf Grund dieser Anschauungen ist es ohne weiteres einleuchtend, daß alle diejenigen Härtemeßmethoden, deren Resultat durch eine einzige Zahl dargestellt wird, z. B. Benoistskala, nur einen gewissen Mittelwert der Härte ergeben können und daß sie nicht den geringsten Anhalt über die Zusammensetzung einer Strahlung zu liefern vermögen. Durch eine solche Härtemessung ist daher die Qualität einer Strahlung nicht eindeutig bestimmt; im letzten Abschnitt dieser Arbeit wird an einem experimentellen Beispiel gezeigt werden, wie verschieden der Charakter von zwei Strahlungen sein kann, welche nach Benoist gemessen denselben Härtegrad ergeben.

Um die biologische Wirkung einer Strahlung im voraus beurteilen zu können, ist es notwendig zu wissen, in welcher Intensität die einzelnen Strahlungsbestandteile verschiedener Durchdringungsfähigkeit darin enthalten sind. Holzknecht und Weißenberg[1]) haben in einer umfassenden Arbeit über technische Strahlenmessung die Forderung aufgestellt, daß eine Härtemessung inhomogener Strahlen, selbst im einfachsten Fall der Zusammensetzung aus nur zwei Sorten verschiedener Härte, drei Zahlen, nämlich zwei Härtezahlen und eine Verteilungs-

[1]) Fortschritte XXIII, 3, 257.

zahl, ergeben müsse. (Diese Verteilungszahl soll das Intensitätsverhältnis der beiden Sorten angeben.) Nach einer Überprüfung der vorhandenen Härtemeßmethoden gelangen die Verfasser zu dem Schlußresultat, daß keine einzige derselben die Bedürfnisse des Therapeuten zu befriedigen vermag.

Mit wachsender Erkenntnis von der Unzulänglichkeit der „einzahligen" Härtemessungen wurden zahlreiche Verfahren ersonnen, um aus wiederholten Absorptionsmessungen einer Strahlung (unter stetiger Erhöhung der absorbierenden Schichtdicke) ihre Zusammensetzung zu erforschen. Inwiefern können diese Verfahren, deren eingehende Besprechung hier zu weit führen würde, als Lösung des von Holzknecht formulierten Problems der Strahlenanalyse gelten?

Ihnen allen gemeinsam ist zunächst der Fehler, daß die Intensität verschiedenartiger Strahlungsgemische gemessen wird, indem der Ausschlag eines Iontometers, Selenintensimeters usw. ohne weiteres als ein Maß für die gesuchte Strahlungsintensität angenommen wird. Die Angaben aller im praktischen Gebrauch befindlichen Apparate zur Intensitäts- oder Energiemessung einer Strahlung sind bekanntlich in hohem Grade abhängig von der Absorbierbarkeit der zu messenden Strahlung. Es ist das Verdienst von Christen, immer wieder mit Nachdruck darauf hingewiesen zu haben, daß zwei Strahlungen, deren Intensität nach Angabe eines solchen Meßapparates gleich gefunden wird, nur dann wirklich gleiche Intensität besitzen, wenn ihre Absorbierbarkeit dieselbe ist, d. h. im Falle der Messung heterogener Strahlungen, wenn ihre Zusammensetzung aus Strahlen der verschiedenen Härtegrade genau die gleiche ist. Wie groß der durch Nichtberücksichtigung dieser Tatsache entstehende Fehler ist, zeigt folgendes Beispiel: Eine Strahlung von $^1/_2$ cm Halbwertschicht in Wasser übt eine etwa sechsmal so große Ionisationswirkung aus wie eine gleich intensive Strahlung von 3 cm Halbwertschicht. Würde man also die Ausschläge eines Iontometers[1]) als direktes Maß der Intensität ansehen, so würde die Intensität der weicheren Strahlung sechsmal zu groß gefunden werden. Eine ähnliche Abhängigkeit des Meßresultates von der Härte der auffallenden Strahlung besteht zweifellos auch für die Selenzelle[2]), wenngleich der experimentelle Beweis dafür noch aussteht. Auf die Tatsache, daß bei einer photographischen Intensitätsmessung eines Strahlungsgemisches die ungünstige Lage des Absorptionsmaximums des Silbers diese Verhältnisse noch komplizierter gestaltet, wurde schon von verschiedenen Seiten hingewiesen[3]). Der direkte experimentelle Beweis für die sprunghaft gesteigerte Empfindlichkeit der photographischen Platten für Strahlen von über $1^1/_2$ cm Halbwertschicht in Wasser, wurde zuerst von Wagner[4]) erbracht.

Vergleichen wir also die Angaben irgendeines solchen Intensitätsmeßinstrumentes bei Einschaltung eines Aluminiumfilters von 1 mm bzw. 5 mm Dicke, so haben wir zu berücksichtigen, daß im ersten Falle das Strahlengemisch aus weichen + mittelharten + harten Strahlen, im zweiten Falle hauptsächlich nur aus harten Strahlen besteht; der Unterschied in der Absorbierbarkeit der beiden auf das Reagens fallenden Strahlungsgemischen ist demnach ein sehr beträchtlicher und infolgedessen gibt das Verhältnis der Angaben des Instrumentes einen Wert, der vom wahren Intensitätsverhältnis sich bedeutend unterscheidet. — Diese Fälschung des Resultates macht sich natürlich auch bei jeder der gebräuchlichen Bestimmungsmethoden des Quotienten aus Oberflächendosis zu Tiefendosis bemerkbar. — Um diesen Fehler korrigieren zu können, ist die Kenntnis der Absorbierbarkeit der untersuchten Strahlung bzw. ihre Zusammensetzung aus den verschiedenen Härtegraden unbedingt erforderlich; aber gerade

[1]) Eine Einführung des von Christen (Phys. Zeitschr. 16, 362, 1915 und Fortschritte XXIII, 6, 520) vorgeschlagenen Verfahrens in den praktischen Röntgenbetrieb würde einen großen Fortschritt in dieser Hinsicht bedeuten.

[2]) Vgl. z. B. Grann, Fortschritte XXIII, 3, 274.

[3]) Z. B. Grossmann, Fortschritte XXII, 4.

[4]) Spektraluntersuchungen an Röntgenstrahlen. Annalen der Physik 46, 868 ff., 1915.

die Ermittlung jener Zusammensetzung ist ja das Ziel jener Absorptionsmessungen: Um die Messung exakt vornehmen zu können, müßten wir gerade diejenigen Größen schon kennen, welche wir durch das Verfahren zu ermitteln suchen. Es ist somit evident, daß die Zusammensetzung einer heterogenen Strahlung auf direktem Wege durch Absorptionsmessungen mittels der gebräuchlichen Meßinstrumente niemals in exakter Weise erforscht werden kann.

Abgesehen von diesem, mitunter sehr beträchtlichen Meßfehler, bedeuten diese Absorptionsmessungen an Schichten veränderlicher Dicke (Aluminium-Phantomen usw.) gegenüber den „einzahligen" Härtemessungen einen großen Fortschritt, indem sie uns eine erste Orientierung über den Charakter einer Strahlung verschaffen.

Eine direkte Strahlenanalyse im Sinne der Holzknechtschen Problemstellung kann jedoch auf diesem Wege nicht erhalten werden: Die Intensitätsabnahme, welche bei Erhöhung der absorbierenden Schicht von z. B. 1 auf 2 mm Aluminium gemessen wird, rührt her von einer Schwächung der weichen, mittelharten und harten Strahlungskomponenten; da nun aber unermittelt bleibt, in welcher Weise sich diese Intensitätsschwächung auf die einzelnen Strahlungsbestandteile verschiedener Härte verteilt, so ist es nicht möglich direkt zu bestimmen, wieviel stärker z. B. die mittelharte Strahlungsgruppe (von etwa 1 cm Halbwertschicht in Wasser) vertreten ist gegenüber der weichen Strahlungsgruppe (von etwa $^1/_2$ cm Halbwertschicht). Abgesehen von extremdicken Filtern handelt es sich stets um Summationswirkungen verschiedener Strahlungsgruppen von verschiedener und dazu noch unbekannter Durchdringungsfähigkeit, so daß die erhaltenen Meßresultate Mittelwerte der Intensitäten einer Summe von Strahlungskomponenten darstellen; die Zahl der Summanden nimmt natürlich ab mit zunehmender Dicke des Filters.

Auf indirekte Weise ist es zwar möglich — wie ein von Weißenberg[1]) geschickt erdachtes, graphisches Verfahren zeigt — auf Grund solcher Absorptionsmessungen eine Strahlenanalyse durchzuführen, indem für mehrere Komponenten des Gemisches Intensität und Härtegrad näherungsweise berechnet werden kann. Außer der Schwierigkeit der Bestimmung der sogenannten Überschicht dürfte jedoch wohl die Umständlichkeit der Zeichnung einer Einbürgerung des Verfahrens in medizinischen Kreisen hinderlich sein.

Als Ergebnis dieser Betrachtung ergibt sich also, daß keine der bisher bekannten Methoden die Frage nach der Zusammensetzung einer heterogenen Strahlung direkt experimentell zu beantworten vermag; es erscheint daher notwendig, die experimentelle Lösung des Problems der Strahlenanalyse auf einem ganz anderen Wege zu versuchen.

II. Eine direkte Methode der Strahlenanalyse.

Ein Verfahren zur direkten experimentellen Lösung des Problems der Strahlenanalyse muß notwendig den folgenden drei Bedingungen genügen:

1. Das heterogene Strahlengemisch muß in seine Bestandteile verschiedener Härtebezirke zerlegt werden;
2. die Intensitäten der einzelnen Bestandteile müssen voneinander getrennt zur Messung gelangen;
3. die Härtegrade dieser zur Intensitätsmessung gelangenden Strahlungsgruppen müssen gleichzeitig ermittelt werden.

Die physikalisch exakteste Lösung des Problems bietet zweifellos das Röntgenstrahlenspektrometer[2]); dieser Apparat beruht auf der Tatsache, daß Röntgenstrahlen verschiedener Wellenlänge (d. h. Härte) beim Durchgang durch einen langsam rotierenden Kristall in verschie-

[1]) Fortschritte XXIII, 3, 234ff. (und 6, 526ff.; Anm. bei der Korrektur).
[2]) Wagner, Annalen der Physik, 46, 868ff., 1915.

denen Richtungen abgebeugt werden, so daß auf einer hinter dem Kristall aufgestellten photographischen Platte ein Spektrum, ähnlich dem des sichtbaren Lichtes, entsteht. Die Kenntnis der betreffenden Kristallstruktur gestattet für jede Stelle des Spektrums eine genaue Berechnung der entsprechenden Wellenlänge. Mit Rücksicht auf die schwierige Einstellung und die mehrere Stunden dauernden Expositionszeiten wird jedoch der Anwendungsbereich dieses Apparates wohl immer auf das physikalische Laboratorium beschränkt bleiben. Die hiermit erreichte Zerlegung einer Strahlung in ihre Bestandteile wäre auch eine für die medizinische Praxis viel zu weitgehende; während es sich hier um eine Aufspaltung in Spektrallinien handelt, verlangt das Bedürfnis der Praxis die Ermittlung der Stärkeverhältnisse gewisser Strahlungsgruppen, von denen jede einen relativ großen Teil des ganzen Spektrums umfaßt (z. B. die Gruppe der mittelharten Strahlen von 1 bis 2 cm Halbwertschicht in Wasser).

Unter Benützung eines anderen physikalischen Prinzips ist es uns gelungen, ein Verfahren der technischen Strahlenanalyse auszuarbeiten, das den oben aufgestellten drei Grundbedingungen genügt und das außerdem den Vorzug größter Einfachheit in bezug auf Einstellung und Handhabung besitzt. Es ist eine bekannte Tatsache, daß fast alle chemischen Stoffe, insbesondere die Metalle, die Eigenschaft besitzen, bei Bestrahlung mit Röntgenlicht ihrerseits wieder Röntgenstrahlen auszusenden, sogenannte Sekundärstrahlen[1]), deren Intensität nicht nur von der Intensität der einfallenden Strahlung, sondern besonders von deren Härte abhängt: Sekundärstrahlung tritt erst dann auf, wenn die Härte der erregenden Strahlung einen gewissen unteren, für jede Substanz charakteristischen Grenzwert überschreitet, und zwar dann sofort mit maximaler Intensität, während bei höheren Härtegraden der einfallenden Strahlung die Intensität der Sekundärstrahlung rasch abnimmt. Da also die Sekundärstrahlung einer Substanz hauptsächlich nur von einem relativ kleinen Wellenlängenbezirk (Härtebezirk) der einfallenden Strahlung angeregt wird, so können bei Bestrahlung mehrerer verschiedenartiger Stoffe durch Bestimmung der Intensitäten der entstehenden Sekundärstrahlungen die Teilintensitäten gewisser Härtebezirke der zu untersuchenden Strahlung, voneinander getrennt zur Messung gebracht werden; d. h. es werden einzelne Strahlungsgruppen verschiedener Härtebezirke unter Benützung einer Energietransformation aus dem untersuchten Strahlungsgemisch ausgesondert. Die bei der Problemstellung geforderte Ermittlung der Härte dieser betreffenden Strahlungsgruppen der zu analysierenden Strahlung erledigt sich dadurch, daß auf Grund physikalischer Arbeiten für jedes Element angegeben werden kann, von welchem Wellenlängenbezirk (Härtebezirk) der einfallenden Röntgenstrahlung ihre Sekundärstrahlung hauptsächlich angeregt wird. Für die Berechnung der Mindesthärte, welche eben noch die Sekundärstrahlung eines Elementes der K-Serie anzuregen vermag, läßt sich eine einfache Regel[2]) ableiten:

„Eine Sekundärstrahlung von der Halbwertschicht a_0 mm (in Aluminium) wird nur erregt von Strahlen mit einer Halbwertschicht größer als $1{,}5 \cdot a_0$ mm (in Aluminium).“

Da die für jedes Element charakteristische Sekundärstrahlung bekanntlich homogen ist,

---

[1]) Ausführliche Darstellung des Sekundärstrahlungsvorganges bei Grossmann, Fortschr. XXII, 4, 427 ff.

[2]) Ableitung dieser Regel: Ist λ_0 die Wellenlänge der Sekundärstrahlung (K-Serie) eines Elementes, so ist nach den Versuchsresultaten von Wagner (Annalen 46, 1915, 886) eine Erregung nur möglich durch Wellenlängen λ, für welche gilt $\lambda \leqq \frac{\lambda_0}{1{,}14}$. Sei die zur Erregung eben ausreichende Mindesthärte ausgedrückt als Absorptionskoeffizient $= \mu$ bzw. als Halbwertschicht $= a$, so ergibt sich auf Grund des von Kossel (Verh d. D. Phys. Ges. Nr. 20, 1914) und Siegbahn (Phys. Zeitschr., 15, 1914) gefundenen Absorptionsgesetzes für Aluminium $\mu = A \cdot \lambda^{2,87}$ und entsprechend $\mu_0 = A \cdot \lambda_0^{2,87}$, wenn μ_0 den Absorptions-Koeffizient bzw. a_0 die Halbwertschicht der Sekundärstrahlung bedeutet. Obige Beziehung lautet dann $\mu \leqq \frac{\mu_0}{(1{,}14)^{2,87}}$ bzw. $a_0 \leqq \frac{a}{(1{,}14)^{2,87}}$ also $a \geqq a_0 \cdot 1{,}46$.

d. h. einen einheitlichen Absorptions-Koeffizienten[1]) besitzt, dessen Wert für die meisten Elemente bekannt ist, so bringt die Benützung dieser Energietransformation zu Meßzwecken den weiteren Vorteil mit sich, daß die zum Meßgerät gelangende Strahlung Homogenität besitzt und daß außerdem ihre Absorbierbarkeit genau bekannt ist; der früher besprochene Fehler, der durch Nichtberücksichtigung der Tatsache entsteht, daß bei den gebräuchlichen Intensitäts- und Energiemeßapparaten das Meßresultat wesentlich vom Härtegrad der betreffenden Strahlung abhängt, kann also bei dieser Methode der Strahlenanalyse ohne weiteres beseitigt werden.

Um die Wirkungsweise dieser auf dem Sekundärstrahlungsprinzip beruhenden Strahlenanalyse zu veranschaulichen, möge ein akustisches Analogon angeführt werden: Um die einfachen Töne, welche in einem musikalischen Klang enthalten sind, experimentell zu finden, bedient man sich bekanntlich der Helmholtzschen Resonatoren, kleinen Hohlkugeln aus Messing mit zwei Öffnungen, von denen die eine in den Gehörgang eingeführt wird. Die Luftmasse eines solchen Resonators hat, je nach dem Volumen der Hohlkugel, einen bestimmten Eigenton; ist dieser Eigenton in dem untersuchten Klang enthalten, so ertönt der Resonator. Durch Anwendung mehrerer Hohlkugeln mit verschiedenem Volumen und infolgedessen verschiedenen Eigentönen kann somit ein Klang, d. h. eine Vielheit von Tönen in seine Bestandteile zerlegt werden. In ähnlicher Weise gibt das Auftreten von Sekundärstrahlung an passend ausgewählten chemischen Stoffen, welche von der zu untersuchenden Röntgenstrahlung P getroffen werden, davon Kunde, daß in der Strahlung P Strahlen von ganz bestimmer Härte vorkommen.

III. Beschreibung des Analysators.

Wenngleich für die praktische Anwendung der Methode die Wahl des Strahlungsreagens ohne prinzipielle Bedeutung ist, so scheint doch mit Rücksicht auf die leichte Handhabung des Apparates die photographische Platte dem Iontometer oder Selenintensimeter überlegen[2]) zu sein: Außer dem Vorzug, daß das unmittelbare Resultat der Analyse noch nach Jahren als Beleg vorhanden ist, ermöglicht die photographische Platte die gleichzeitige Registrierung einer Anzahl verschiedener Sekundärstrahlungen, so daß jeder Einfluß einer etwaigen Inkonstanz der Röntgenröhre ausgeschaltet wird.

Die Konstruktion des Apparates[3]) ist aus Fig. 1 (horizontaler Querschnitt) und Fig. 2 (perspektivische Ansicht) zu ersehen; das für die Röntgenstrahlen undurchlässige Gehäuse hat die Form eines rechteckigen Kastens von 12 cm Höhe, 8 cm Breite und 6 cm Länge. Mit Ausnahme eines 10 cm langen und etwa 1 cm breiten Schlitzes in der vorderen und

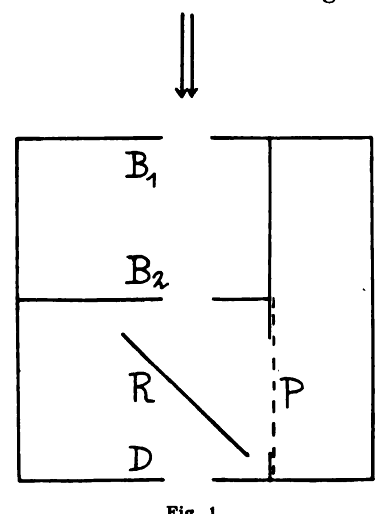


Fig. 1.

[1]) Barkla, Phil. Mag. 22. 396: Die Tatsache, daß nach neueren Spektraluntersuchungen jede Sekundärstrahlung aus mehreren Spektrallinien besteht, ist ohne Belang für die obige Behauptung; unter Berücksichtigung der für medizinische Zwecke erforderlichen Meßgenauigkeit dürfen diese Strahlungen im Gegensatz zu den sonst in der medizinischen Praxis angewandten Röntgenstrahlungen nach wie vor als homogen bezeichnet werden.

[2]) Die Einfachheit der Handhabung und die Anschaulichkeit der photographischen Registrierung kompensiert den beim Iontometer vorhandenen Vorteil einer quantitativen zahlenmäßigen Ermittlung der Intensitäten der einzelnen Strahlungsgruppen.

[3]) Herrn Professor Dr. von Koch, Vorstand des Physikalischen Institutes der Kgl. Techn. Hochschule Stuttgart, welcher die Herstellung des Modell-Apparates in der mechanischen Werkstätte des Institutes gestattete, bin ich zu besonderem Danke verpflichtet.

hinteren Wand ist der Kasten allseitig verschließbar. Die zu untersuchende Röntgenstrahlung trifft nach dem Passieren der Blenden B_1 und B_2 bei R auf verschiedene übereinander angeordnete Metallplatten; der nicht absorbierte Teil der Strahlung verläßt bei D die Kammer. Die Metallplatten R, an welchen die charakteristische Sekundärstrahlung erregt wird, sind an einem, in vertikaler Führung verschiebbaren Rahmen angebracht; auf Fig. 2 ist der Rahmen emporgezogen, so daß er zum größten Teil aus der Kammer herausragt. Die photographische Platte P, auf welcher die entstehenden Sekundärstrahlungen voneinander getrennt, registriert werden, kann leicht von oben eingeschoben werden. Damit sich die für jedes Metall charakteristischen Sekundärstrahlen auf dem Weg zur photographischen Platte nicht überkreuzen, sind aus geeignetem Material gefertigte horizontale Zwischenebenen angeordnet, welche sich von R bis P erstrecken. Die Breite und Anordnung der Schlitze ist so bemessen, daß die photographische Platte in keinem Falle von direkter Röntgenstrahlung getroffen werden kann. Durch geeignete Konstruktion der Innenflächen gelang es, die Entstehung jeder störenden Strahlung zu vermeiden; der experimentelle Beweis hierfür findet sich im letzten Teile dieser Arbeit. — Die Anordnung von fünf verschiedenen Sekundärstrahlern hat sich als praktisch erwiesen; dementsprechend entstehen auf der photographischen Platte fünf Felder verschiedener Schwärzung (siehe Tafel VIII; Felder in natürlicher Größe). Die zur Erreichung günstiger Schwärzungen erforderlichen Expositionszeiten betragen bei einer Fokusdistanz von etwa 40 cm nur $^1/_2$ bis 2 Minuten, je nachdem ungefilterte oder starkgefilterte Strahlung untersucht wird; die Röhrenbelastung bewegte sich in den üblichen Grenzen von $1^1/_2$ bis 3 Milliampère. Zur Entwicklung der Platten kann jede Art von Entwickler benützt werden; um gute Kontrastwirkungen zu erhalten, ist die Anwendung stark deckender Entwickler (Metol, Adurol usw.; Entwicklungsdauer etwa 4—5 Minuten) zu empfehlen. Handelt es sich um Vergleichsaufnahmen, so sind die betreffenden Platten in gleicher Weise, am besten also gleichzeitig, zu entwickeln.

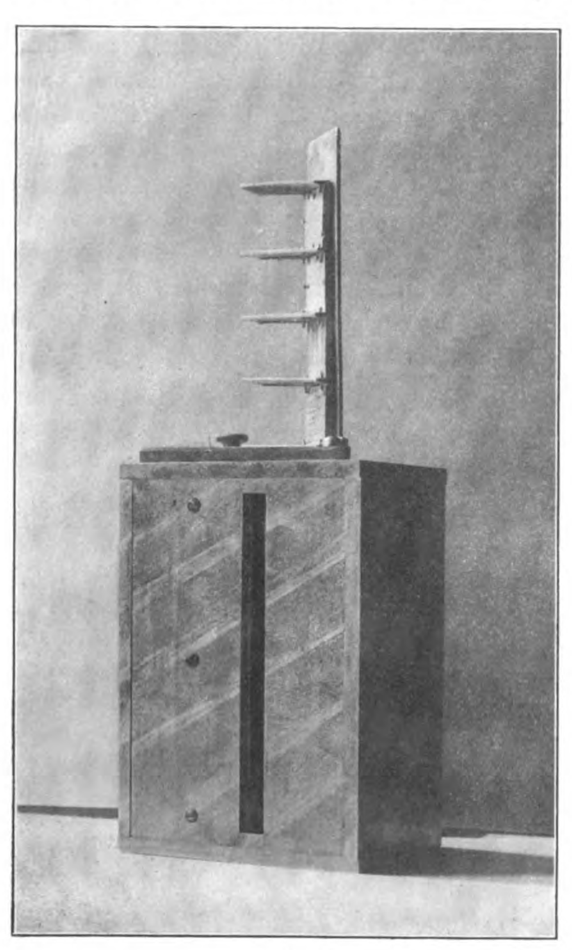


Fig. 2.

Die Einstellung des Apparates ist sehr einfach: Der Rahmen mit den Metallplatten wird ganz emporgezogen; dann blickt man von hinten durch die Schlitze DB_2B_1 hindurch und stellt den Apparat so auf, daß die Antikathode der Röntgenröhre ungefähr in der Mitte des Schlitzes D gesehen wird. Soll eine Strahlung mit vertikalem Strahlengang untersucht werden, so wird der Apparat mit der Vorderseite nach oben auf ein Tischchen gelegt und die Röntgenröhre so aufgestellt, daß die Antikathode senkrecht über die Mitte des Schlitzes B_1 zu stehen kommt.

IV. Beispiele zur praktischen Anwendung des Analysators.

Auf Tafel VIII sind verschiedene mit dem Analysator aufgenommene Originalplatten dargestellt, und zwar Fig. 1a bis Fig. 7a auf $^2/_3$ verkleinert, Fig. 1 bis Fig. 4 in natürlicher Größe. Die Sekundärstrahlen aussendenden Metallplatten sind im Apparat in einer solchen Reihenfolge an-

gebracht, daß jeweils das oberste Schwärzungsfeld auf der photographischen Platte dem härtesten Strahlungsbestandteil entspricht und daß immer das (nach unten) nächstfolgende Feld den Gehalt an Strahlungsgruppen geringeren Härtegrades angibt. Die Aufnahmen Fig. 1a bis 7a wurden mit ein und derselben Kombination von Sekundärstrahlern erhalten, für deren Anregungsbereiche folgende Zahlenwerte gelten: Die Schwärzung des obersten Feldes rührt nur her von der Intensität der sehr harten Strahlen des untersuchten Strahlengemisches, und zwar nur soweit sie mindestens eine Halbwertschicht von 3 cm Wasser besitzen; das zweitoberste Feld entspricht den harten Strahlungskomponenten von über $1^1/_2$ cm Halbwertschicht in Wasser; das mittlere Feld wird erzeugt von der Intensität der mittelharten Strahlen von etwa $^3/_4$ cm Halbwertschicht an, während die beiden untersten Felder den Gehalt an weicher und sehr weicher Strahlung angeben (untere Grenze etwa $^1/_4$ bzw. $^1/_{10}$ cm Halbwertschicht in Wasser).

Auf der photographischen Platte wird somit eine Art Spektrum der untersuchten Röntgenstrahlung entworfen; ein Blick auf Nr. 1a und Nr. 2a genügt, um den großen Unterschied in der Zusammensetzung der beiden analysierten Strahlungen aufs schärfste hervortreten zu lassen. Während auf Nr. 1a die beiden untersten Felder, welche den weichen und sehr weichen Strahlungskomponenten entsprechen, am stärksten geschwärzt sind, zeigt Nr. 2a eine gerade umgekehrte Verteilung der Schwärzung auf die einzelnen Felder. Nr. 1a ist der Typus einer sehr weichen Strahlung (mittlere Härte der benützten Röntgenröhre etwa 4 bis 5 Wehnelt), während Nr. 2a die Analyse einer Strahlung darstellt, welche relativ reich an sehr durchdringungsfähigen Strahlen ist (ziemlich harte Röhre, etwa 10 Wehnelt, außerdem Aluminiumfilter[1]) von 5 mm Dicke).

Die Analysen Nr. 2a, Nr. 3a und Nr. 4a geben einen anschaulichen Einblick in den Vorgang der Strahlenhärtung durch Aluminiumfilter verschiedener Dicke. Nr. 4a zeigt die ungefilterte Strahlung einer etwa 10 Wehnelt harten Röhre, während in Nr. 3a und Nr. 2a dieselbe Strahlung nach Durchgang durch ein Aluminiumfilter[1]) von 2 mm bzw. 5 mm Dicke dargestellt ist. Daß die Filterwirkung in einer besonders starken Schwächung der weichen Strahlungsgruppen besteht, ist unverkennbar: Ein Vergleich entsprechender Felder der Aufnahmen Nr. 3a und Nr. 4a ergibt bei nahezu gleicher Schwärzung der beiden obersten Felder einen sehr erheblichen Schwärzungsunterschied der untersten Felder. Bei Berücksichtigung des Umstandes, daß Nr. 4a 1 Minute, Nr. 3a $1^1/_2$ Minuten exponiert worden war (bei gleicher Röhrenbelastung), läßt sich also das Resultat der Analysen folgendermaßen ausdrücken: In der $1^1/_2$fachen Zeit erhalten wir hinter einem 2 mm dicken Aluminiumfilter die gleiche Energie an sehr harten Strahlen wie bei der ungefilterten Strahlung, während der gleichzeitige Gehalt an weichen Bestandteilen ein wesentlich geringerer ist. Diese Vergleichung entsprechender Felder von zwei Aufnahmen liefert eine physikalisch einwandfreie Intensitätsvergleichung der in beiden Strahlungen enthaltenen Strahlungsgruppen eines bestimmten Härtegrades, da die beiden photographischen Platten in gleicher Weise entwickelt wurden und da die Schwärzungen entsprechender Felder — wie bereits früher betont — bei allen Aufnahmen stets von ein und derselben homogenen Strahlung erzeugt werden. Infolgedessen ist die selektive Empfindlichkeit der photographischen Schicht, welche bei den üblichen Schwärzungsmessungen verschiedenartiger inhomogener Strahlungen (z. B. Kienböckstreifen) eine sehr bedeutende Fälschung des wahren Intensitätsverhältnisses verursacht, ohne jeden Einfluß auf das Ergebnis der hier angegebenen Intensitätsvergleichung.

Eine Erhöhung der Filterdicke auf 5 mm (Aluminium) bewirkt eine erheblich größere Schwächung der mittelharten Strahlungsbestandteile gegenüber dem Gehalt an sehr harten Strahlungskomponenten; diese Tatsache ist daran erkennbar, daß die Schwärzungsunterschiede

[1]) Das Filter wurde zwischen Röntgenröhre und Analysator, unmittelbar vor dem Schlitz B_1 (Fig. 1) angebracht.

zwischen dem obersten und mittleren Feld auf Nr. 2a (5 mm dickes Filter) wesentlich größere sind als auf Nr. 3a (2 mm dickes Filter).

Eine sehr interessante Ergänzung dieses Resultates liefert Nr. 6a und Nr. 7a: Wird die Strahlung einer Röhre von etwa 8 Wehnelt mittlerer Härte durch 2 mm Aluminium gefiltert, so ergibt sich die überraschende Tatsache, daß im Gegensatz zu Nr. 3a, die Schwärzung des Mittelfeldes überwiegt (Nr. 6a; Nr. 7a stellt die ungefilterte Strahlung dar). In ähnlicher Weise wie bei Nr. 3a und Nr. 4a werden zwar ebenfalls die weichen und sehr weichen Bestandteile besonders stark geschwächt (beträchtlicher Unterschied zwischen Mittelfeld und den beiden untersten Feldern auf Nr. 6a, während die entsprechenden Felder auf Nr. 7a alle drei gleich stark geschwärzt sind). Welche von den beiden Strahlungen Nr. 3a oder Nr. 6a ist nun für die Zwecke der Tiefentherapie geeigneter? Die Tiefentherapie verlangt eine Strahlung, welche bei möglichst großem Gehalt an sehr durchdringungsfähigen Strahlen gleichzeitig möglichst arm an mittelharten und weichen Bestandteilen sein soll. Dieser Anforderung entspricht die Strahlung Nr. 3a in weit besserem Maße:

1. Das oberste Feld auf Nr. 6a ist viel weniger geschwärzt wie das entsprechende Feld auf Nr. 3a; d. h. also, da Nr. 6a $2^1/_2$ Minuten, Nr. 3a $1^1/_2$ Minuten exponiert worden waren, trotz $1^1/_2$facher Bestrahlungszeit, wird bei Strahlung Nr. 6a lange nicht die gleichgroße Energiemenge sehr harter Strahlen emittiert wie bei Strahlung Nr. 3a; um gleiche Tiefenwirkung zu erreichen, wäre somit bei der ersteren Strahlung eine bedeutende Verlängerung der Bestrahlungszeit erforderlich.

2. Würde man nun Platte Nr. 6a so lange exponieren, daß ihr oberstes Feld ebenso stark geschwärzt wäre, wie das oberste Feld von Nr. 3a, so wäre das Mittelfeld von Nr. 6a, welches ja wesentlich stärker ist als das oberste Feld von Nr. 6a, sehr viel intensiver wie das entsprechende Mittelfeld von Nr. 3a; d. h. also bei gleichgroßer Energie des härtesten Strahlungsbestandteiles ist der gleichzeitige Gehalt an mittelharten Strahlen bei Strahlung Nr. 6a ein erheblich größerer als bei Nr. 3a; würde man zur Erreichung der gleichen Tiefenwirkung wie bei Nr. 3a die Bestrahlungszeit bei Röhre Nr. 6a entsprechend verlängern, so würde die Gefahr bestehen, daß vor Erreichung der gewünschten Tiefendosis infolge des wesentlich höheren Gehaltes an mittelharten Strahlen eine Schädigung der Haut auftreten könnte. Auf Grund dieser Ergebnisse läßt sich folgende praktische Regel angeben: „Ergibt die Analyse[1]) einer Strahlung, daß das oberste Feld nicht das schwärzeste ist, so ist dieselbe für Tiefentherapie ungeeignet.“ Es ist wohl anzunehmen, daß die meisten in der Praxis angewandten Tiefentherapiebestrahlungen dieser Mindestforderung Genüge leisten; weitere Kriterien, um aus der Zahl der dieser Mindestforderung genügenden Therapiestrahlungen die besten auswählen zu können, werden im folgenden noch besprochen werden.

Bei der weittragenden praktischen Bedeutung der aus den Strahlenanalysen gezogenen Schlüsse ist es notwendig, auf das genaueste zu prüfen, ob die Schwärzung jedes Feldes auf der photographischen Platte wirklich nur von der Sekundärstrahlung der entsprechenden Metallplatte erzeugt wird. Zu diesem Zweck wurden zwei Metallplatten aus dem Apparat entfernt und hierauf die übliche Zeit exponiert. Das Resultat dieser Prüfung zeigt Nr. 5a: die entsprechenden beiden Felder der Platte sind absolut klar geblieben, d. h. also, daß die einzelnen Felder der photographischen Platte beim Fehlen der entsprechenden, Sekundärstrahlung aussendenden Metallplatten von keinerlei Strahlen getroffen werden können. Eine Beeinträchtigung der mit dem Analysator erhaltenen Resultate durch störende Nebenwirkung irgendeiner direkten oder indirekten Strahlung ist somit völlig ausgeschlossen.

Da die modernen Tiefentherapieapparate die Herstellung äußerst durchdringungsfähiger Strahlen ermöglichen, wurde eine solche Kombination (II.) von Sekundärstrahlern angefertigt, daß das oberste Feld der photographischen Platte nur den Bestandteil der untersuchten Strahlung

---

[1]) Voraussetzung ist dabei, daß die Sekundärstrahler-Kombination I verwandt wird.

angibt, welcher eine Aluminium[1])-Halbwertschicht von mehr als 6 mm besitzt; diese Strahlungsgruppe möge als die „extremharte“ fortan bezeichnet werden.

Der schon früher in Aussicht gestellte experimentelle Beweis für die Behauptung, daß zwei Strahlungen trotz gleicher mittlerer Härte verschieden zusammengesetzt sein können, wird durch Nr. 1 und Nr. 2 erbracht. Die gleichzeitig photographierte Benoistskala ist in Fig. 3 bzw. Fig. 4 dargestellt; die an den Originalplatten durch verschiedene Personen übereinstimmend abgelesenen Werte, betragen $5^1/_2$—6 bzw. 6 Benoist. Welches ist nun das Ergebnis der Strahlenanalyse? Im Gegensatz zu der gleichstarken Schwärzung der beiden untersten Felder auf Nr. 1, ist auf Nr. 2 das unterste Feld entschieden schwächer als das zweitunterste; dieser Befund sagt aus, daß der Unterschied zwischen dem Gehalt an mittelweicher und weicher Strahlung bei Nr. 2 erheblich größer ist als bei Nr. 1. Während ferner das Mittelfeld von Nr. 1 eine geringere Schwärzung aufweist als das zweitoberste Feld, ist zwischen den entsprechenden Feldern der Aufnahme Nr. 2 kein Unterschied zu erkennen; dies bedeutet, daß die harten Strahlungsbestandteile gegenüber der Stärke der mittleren Strahlungs-





Fig. 3.

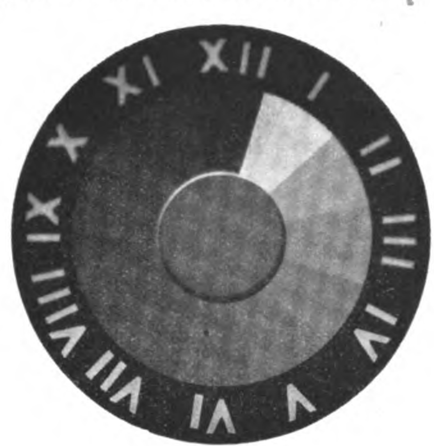


Fig. 4.

gruppen bei Nr. 1 in relativ stärkerem Maße vertreten sind als bei Nr. 2. Man gewinnt hieraus den Eindruck, daß das Strahlengemisch Nr. 1 das reichhaltigere ist. Die Herstellungsart der beiden Strahlungen bestätigt diese Ansicht: Nr. 2 ist die durch 1 mm Aluminium gefilterte Strahlung einer weichen Röhre, Nr. 1 die ungefilterte Strahlung einer etwas härteren Röhre. Dieses Beispiel zeigt in anschaulicher Weise, wie wenig der Begriff der „mittleren Härte“ den Charakter einer Strahlung zu bestimmen vermag: Der größere Gehalt an sehr harter Strahlung wird bei Nr. 1 kompensiert durch den natürlichen Anteil an weichen Strahlen, während gerade diese durch das Filter dem an sehr harten Bestandteilen armen Strahlengemisch Nr. 2 entzogen wurden, so daß sich als Durchschnittswert der Durchdringungsfähigkeit die gleiche mittlere Härte ergibt.

Eine Veröffentlichung von Wintz und Baumeister[2]) über sehr gute tiefentherapeutische Resultate mit Zinkfilterung gab die Anregung, auf dem Weg der Strahlenanalyse festzustellen, ob die Zusammensetzung eines Strahlengemisches beim Durchgang durch ein 0,5 mm dickes Zinkfilter in anderer Weise sich ändert als beim Durchgang durch das bisher in der Tiefentherapie übliche Aluminiumfilter von 3 mm Dicke. Um die Nebenwirkung einer Eigenstrahlung des Zinkfilters auszuschließen, wurden beide Filter jeweils vor dem ersten Blendenschlitz des Analysators angebracht.

[1]) Halbwertschicht in Aluminium statt in Wasser ausgedrückt, da wahrscheinlich im Gebiet der sehr harten Strahlen das Absorptionsverhalten des Aluminiums nicht mehr genau mit dem des Wassers übereinstimmt.

[2]) Münch. med. Wochenschr., Nr. 6, 1916.

Welche Rolle die Eigenstrahlung des Filtermaterials bei der Beurteilung von Absorptionsversuchen spielen kann, zeigt der sogenannte Immelmann-Schützesche[1]) Absorptionsversuch. Die Verfasser hatten bei Messungen mit dem Fürstenauschen Selenintensimeter gefunden, daß bei einer Kombination zweier verschiedenartiger Filter die hindurchgegangene Intensität der Strahlung eine verschiedene sei, je nach der Reihenfolge der beiden Filter. Eine Nachprüfung[2]) der Messungen an der Kombination Aluminium-Stanniol, bei welcher die fraglichen Intensitätsunterschiede am größten gefunden worden waren, ergab folgendes Meßresultat:

1. Filter unmittelbar über der Selenzelle	4,50	↓ Sn / Al	5,0	↓ Al / Sn
2. Filter 10 cm von der Selenzelle entfernt	4,45		4,45	

Mehrere Wiederholungen des Versuches führten stets zu dem Ergebnis, daß mit zunehmender Entfernung des Filters von der Selenzelle die Unterschiede immer geringer werden und schließlich bei 10 cm Abstand unmeßbar klein werden. Es handelt sich also um die Eigenstrahlung des Zinns, deren Intensität quadratisch mit dem Abstand vom Filter abnimmt; die theoretischen Schlußfolgerungen, welche aus diesen Absorptionsversuchen gezogen wurden, — Erklärung der Filterwirkung als einer Energietransformation von weichen Strahlen in harte — sind somit hinfällig.

Die Analysenaufnahmen Nr. 3 und Nr. 4 sprechen entschieden zugunsten des Zinkfilters. Wintz und Baumeister hatten gefunden, daß die Intensität unter 10 cm Wachs bei der zinkgefilterten Strahlung nur etwa halb so groß sei wie bei der mit 3 mm Aluminium gefilterten. Die Strahlungsanalyse liefert die physikalische Ursache dieses Befundes: die extremharten Strahlen von über 6 mm Aluminium-Halbwertschicht werden bei doppelter Bestrahlungszeit beim Zinkfilter in gleicher Energiemenge erhalten wie beim Aluminiumfilter; dies geht aus der gleichen Schwärzung der beiden obersten Felder von Nr. 3 und Nr. 4 hervor, wobei noch zu bemerken ist, daß Nr. 3 (3 mm Aluminiumfilter) 40 Sek. und Nr. 4 (0,5 mm Zinkfilter) 80 Sek. exponiert wurde. Aus den beiden Analysen läßt sich sogleich ein weiteres wichtiges Resultat ableiten: Bei gleicher Schwärzung der beiden obersten Felder sind die folgenden Felder auf Nr. 4 immer schwächer als bei Nr. 3, und zwar sind die Unterschiede[3]) um so größer, je mehr man sich den weichen Strahlungsgruppen nähert; dies bedeutet also: Bei gleichem Gehalt an sehr durchdringungsfähigen Strahlen, d. h. gleicher Tiefendosis, ist die durch Zink gefilterte Strahlung ganz entschieden ärmer an mittelharten und weichen Bestandteilen, so daß die gleiche Tiefendosis mit größerer Hautschonung erreicht wird. Bei einem anderen Paar von Analysenaufnahmen, deren Reproduktion aus Raummangel unterblieb, wurde gefunden, daß in dreifacher Expositionszeit bei Zinkfilterung nicht nur eine größere Energiemenge von extremharten Strahlen, sondern auch von sehr harten und harten Strahlen erhalten wird (die drei obersten Felder sind alle drei schwärzer als bei der dem Aluminiumfilter entsprechenden Platte), daß dagegen der gleichzeitige Gehalt an mittelweicher und weicher Strahlung trotzdem etwas geringer ist als bei der Aluminiumfilterung (die zwei untersten Felder sind etwas schwächer als die der aluminiumgefilterten Strahlung). Dieses Resultat erklärt in schönster Weise die von obengenannten Verfassern gefundene Tatsache, daß die Zeit der mehr als dreifachen Erythemdosis des Aluminiumfilters bedeutend überschritten werden konnte. Das Zinkfilter von 0,5 mm Dicke liefert somit, wie die Strahlungsanalyse ergibt, ein für Tiefentherapie geeigneteres Strahlengemisch als das bisher übliche 3 mm dicke Aluminiumfilter.

Die praktische Anwendung des Analysators zur Untersuchung von Strahlungsgemischen ist naturgemäß nicht beschränkt auf die eben besprochenen Fälle verschiedenartiger Filter-

---

[1]) Fortschritte, XXII, S. 538, 1915.

[2]) Das Intensimeter wurde mir von Herrn Dr. Finckh (Stuttgart) freundlichst zur Verfügung gestellt; auch bei einem Teil der Analysenaufnahmen durfte ich mich seiner tätigen Mitwirkung erfreuen. Es sei ihm hierfür verbindlichster Dank gesagt.

[3]) Auf den Originalplatten treten diese Schwärzungsunterschiede wesentlich deutlicher hervor als auf den Reproduktionen der Tafel VIII.

wirkung. Jede Änderung in der Zusammensetzung einer Strahlung, mag sie nun herrühren von einer verschiedenen Frequenz des Unterbrechers, von einer Inkonstanz der Röhre oder von irgendwelchen anderen Ursachen, kann sofort mit Hilfe des Analysators festgestellt werden.

Da bekanntlich die Angaben aller Dosimeter in hohem Grade von der Zusammensetzung einer Strahlung beeinflußt werden, so können die zu verschiedenen Zeiten gemessenen Dosen nur dann exakt miteinander verglichen werden, wenn es sich um Strahlungsgemische handelt, welche in gleicher Weise aus Strahlen verschiedener Durchdringungsfähigkeit zusammengesetzt sind. Es ist daher zu empfehlen, die Konstanz jedes Tiefentherapiebetriebes von Zeit zu Zeit in folgender Weise zu prüfen: Bei stets gleicher Fokusdistanz des Analysators wird immer die gleiche Zeit exponiert (etwa 1—1$^1/_2$ Minuten); wird die Entwicklung immer in gleicher Weise vorgenommen, so kann auf den Platten nicht nur eine etwaige Änderung der Zusammensetzung der Strahlung (ev. stärkeres Hervortreten der weichen Bestandteile), sondern auch eine Erhöhung oder Verminderung der in gleichen Zeiten applizierten Tiefendosis abgelesen werden; da für die Tiefenwirkung — wie oben auseinandergesetzt wurde — allein der Gehalt an extremharter Strahlung maßgebend ist, so genügt zu diesem Zweck ein Vergleich der beiden obersten Felder auf den Platten.

Bei den zahlreichen Neukonstruktionen auf dem Gebiete des Apparate- und Röhrenbaues kann auf einfache Weise mittels des Analysators festgestellt werden, ob eine Verbesserung des biologischen Effektes damit erreicht wird. Soll z. B. eine in längerem Therapiebetrieb erprobte Röhre A durch ein neues Röhrenmodell B ersetzt werden, so werden zwei Aufnahmen, A und B, mit dem Analysator in gleicher Weise (in bezug auf Fokusdistanz, Expositionszeit, Entwicklung) angefertigt und die Schwärzungen der beiden obersten Felder miteinander verglichen. Wäre z. B. das oberste Feld von der Platte A schwächer als das von B, so müßte mit der neuen Röhre zur Erzielung gleicher Tiefenwirkung kürzer bestrahlt werden; der Betrieb würde also ökonomischer sein. Hierauf werden zwei Analysenaufnahmen von A und B angefertigt, wobei die Expositionszeiten so zu bemessen[1]) sind, daß die beiden obersten Felder gleiche Schwärzung aufweisen; das Verhältnis der Expositionszeiten gibt dann direkt die zur Erreichung gleicher Tiefendosis erforderliche Verminderung der Bestrahlungsdauer an. Eine Vergleichung der Schwärzungen der beiden untersten Felder orientiert über den gleichzeitigen Gehalt an den für die Hautwirkung hauptsächlich in Betracht kommenden weichen Strahlungsgruppen, so daß sofort bestimmt werden kann, für welche Strahlung das Verhältnis Oberflächendosis zu Tiefendosis günstiger ist. Die Strahlenanalyse ermöglicht es somit, aus der großen Anzahl der vorhandenen Therapiemethoden diejenige ausfindig zu machen, welche bei höchster Ökonomie des Betriebes die Forderung „größte Tiefenwirkung unter möglichster Schonung der Haut“ am besten zu erfüllen vermag.

Zusammenfassung:

Nach Besprechung der bisherigen Härtemeßmethoden werden die Bedingungen aufgestellt, denen jede exakte Härtemessung heterogener Röntgenstrahlen genügen muß. Es wird eine auf dem Sekundärstrahlungsprinzip beruhende direkte experimentelle Methode der Strahlenanalyse angegeben und ein dementsprechend konstruierter Apparat [Analysator[2])] näher beschrieben, dessen praktische Anwendung sodann an einigen experimentellen Beispielen (Filterwirkung) erläutert wird.

[1]) Am einfachsten ist dies in der Praxis dadurch zu erreichen, daß unmittelbar nacheinander eine Platte von A (1fache Expositionszeit) und mehrere Platten von B (mit der 1$^1/_2$-, 2-, 3fachen Expositionszeit) aufgenommen und gleichzeitig entwickelt werden; aus letzteren Platten wird diejenige ausgewählt, deren oberstes Feld an Schwärzung dem obersten Feld der Platte A am meisten gleichkommt.

[2]) Die fabrikationsmäßige Herstellung wurde Reiniger, Gebbert & Schall übertragen.

Aus d. Kgl. Frauenklinik Dresden (Direktor: Professor Dr. E. Kehrer).

Die arteriellen Gefäßverbindungen eineiiger Zwillinge im Röntgenbilde.

Von

Dr. **E. Vogt,** Oberarzt der Klinik.

(Hierzu Tafel IX.)

In einer früheren Arbeit konnte ich zeigen, wie sich das arterielle Gefäßsystem der Placenta im Röntgenbilde bis in seine feinsten Verzweigungen nach einer neuen Methode darstellen läßt und welchen Wert die Methode für das genauere Studium der Anatomie und Topographie der Placentargefäße bietet. Es war naheliegend, mit dieser Methode speziell die Gefäßverbindungen der Placenta bei eineiigen Zwillingen zu studieren, eine Frage, mit der sich schon eine Reihe von Autoren beschäftigt haben.

Späth war der erste, welcher die Anastomosen größerer Gefäße an einer Zwillingsplacenta demonstrieren konnte. Hyrtl förderte dann die Diagnose von den Gefäßverbindungen der Zwillingsplacenten besonders dadurch, daß er die Injektion der Gefäße mit verschiedenfarbiger Injektionsflüssigkeit einführte. In seinem Werke konnte er schon 14 einwandsfreie Fälle von Gefäßanastomosen farbig abbilden. Späterhin wurde durch die umfangreichen Untersuchungen von Hüter und vor allem von Schatz (1) die Lehre von den Gefäßverbindungen bei eineiigen Zwillingen weiter ausgebaut. Schatz betonte besonders den praktischen Wert dieser Gefäßverbindungen für die Physiologie und Pathologie. Er fand nämlich, daß bei allen eineiigen Zwillingsplacenten längs der Grenze der aneinanderstoßenden Placentarkreisläufe regelmäßig eine Anzahl von Zottenbäumchen vorkommt, deren Gefäßsystem mit beiden Kreisläufen kommuniziert; aus dem einen entspringt die zuführende Arterie, in den anderen fließt die Vene zurück. Dadurch kommt der dritte Kreislauf der Zwillingsplacenta zustande, welcher beiden gemeinsam ist.

Neben diesem dritten Kreislauf, der durch die feinsten kapillaren Gefäße der gemeinschaftlichen Zottenbäume unterhalten wird, findet man bei den meisten eineiigen Zwillingsplacenten noch eine oberflächliche arterielle größere Anastomose; viel seltener besteht auch eine oberflächliche venöse Anastomose; das Kaliber dieser Anastomosen wechselt sehr.

Dieses Untersuchungsergebnis von Schatz, daß zwischen den Placentarkreisläufen eineiiger Zwillinge sich fast ausnahmslos Gefäßverbindungen nachweisen lassen, wird auch durch meine Röntgenuntersuchungen bestätigt und erweitert. Oberflächliche kapillare Gefäßverbindungen, welche von der ersten Ausbreitung der Allantoisgefäße herstammen und praktisch bedeutungslos sind, konnten zwar auch mit dem Röntgenverfahren nicht beobachtet werden. Dagegen konnte ich bei fünf Placenten eineiiger Zwillinge die oberflächlichen überkapillaren arteriellen Anastomosen einwandsfrei im Röntgenbilde darstellen. Schatz vermißte diese oberflächlichen überkapillaren arteriellen Gefäßverbindungen bei 24 eineiigen Zwillingsplacenten nur zweimal. Ihr Vorkommen hält er trotzdem für die Regel. Schatz sah diese Anastomosen fast stets in der Einzahl, nur in zwei Fällen doppelt. Der Ort der Nabelschnurinsertionen scheint dabei ganz bedeutungslos; er lag z. B. in einem Fall von Schatz zum Teil sehr weit voneinander, in einem anderen Fall wieder dicht beisammen. Das Kaliber der arteriellen Anastomosen ist großen Schwankungen unterworfen.

In meinen fünf Fällen eineiiger Zwillingsplacenten, die genau nach der schon früher mitgeteilten Methode behandelt wurden, ergab sich für den Gefäßverlauf folgendes:

Klinische Einzelheiten lasse ich dabei als belanglos für die aufgeworfene Frage vollkommen beiseite.

Fall 1: Die Kotyledonen sind sehr breit und dick; das Placentargewebe steht makroskopisch miteinander in inniger Verbindung. Die eine Nabelschnur inseriert ganz am Rande, zum Teil velamentös. Die Nabelschnur der zweiten Placenta inseriert lateral. Ein großes Randgefäß zieht an der einen Placenta mit der velamentösen Insertion der Nabelschnur im Bogen dem Placentargewebe lang und umkreist fast ein Quadrat des ganzen Fruchtkuchens. Makroskopisch sind größere Gefäßverbindungen zwischen den beiden Placenten nicht nachweisbar. Aber im Röntgenbilde des injizierten Präparates zeigen sich deutlich drei größere Arterien von mittelstarkem Kaliber, welche eine arterielle Gefäßanastomose zwischen den beiden Placentarkreisläufen herstellen. Die anastomierenden Gefäße entspringen direkt aus Hauptarterien; auch von der Randpartie der einen Placenta mit der velamentösen Nabelschnurinsertion wird durch feinste kapillare Äste eine Gefäßverbindung mit den Arterien der zweiten Placenta hergestellt. Die arterielle Gefäßverzweigung in den Kotyledonen selbst ist auffallend dicht.

Fall 2: Das Fruchtkuchengewebe der beiden Placenten liegt einander innig an. Die Nabelschnur inseriert an der einen Placenta ziemlich zentral, bei der anderen mehr lateral. Nur an einer Stelle zieht ein mittelstarker Arterienast zu einem Grenzkotyledo, der auch von der anderen Seite in gleicher Weise von einem Arterienast gleichen Kalibers und einem noch kleineren Aste eines Nachbarkotyledo gespeist wird.

Fall 3: Die Zwillingsplacenta stellt ein großes kuchenförmiges Gebilde dar. Die eine Nabelschnur inseriert fast am Rande, die andere auch exzentrisch. Eine Gefäßverbindung durch eine sehr große Arterie erster Ordnung befindet sich unten am Rande des Fruchtkuchens. Zwei weitere Anastomosen durch Arterien zweiter Ordnung liegen mehr in der Mitte des Fruchtkuchengewebes. Bei der einen Placenta liegen mehrere Kotylodonen als Placenta succentariata frei in den Eihäuten.

Fall 4: Beide Nabelschnurinsertionen liegen lateral. Das Fruchtkuchengewebe der beiden Placenten geht ohne Trennung ineinander über. Gefäßanastomosen kapillarer Natur finden sich in je einem Zottenbezirk in der Mitte und am Rande. Größere Anastomosen fehlen.

Fall 5: Die eine Nabelschnur inseriert ganz am Rande, die andere auch lateral. An drei verschiedenen Stellen werden Grenzkotyledonen von Kapillargefäßen der beiden Placentarkreisläufe gleichmäßig gespeist. Makroskopisch ist eine Trennung der beiden Placenten unmöglich.

Zum Vergleich bringe ich noch eine Abbildung von getrennt geschlechtlichen Zwillingen, bei denen die Gefäßgebiete, obwohl das Placentargewebe auch makroskopisch nicht voneinander trennbar ist, röntgenanatomisch vollkommen getrennt und selbständig sind.

Schatz und auch die älteren Autoren konnten mit der Methode, die Arterien und Venen getrennt zu injizieren, immer nur ganz oberflächlich liegende Anastomosen sichtbar machen. Was in der Tiefe oder für die Injektion ungünstig gelegen war, mußte der Beobachtung entgehen. Diese früheren Untersuchungsergebnisse über das Vorkommen von Anastomosen im Gefäßgebiet eineiiger Zwillinge hatten also nur eine beschränkte Gültigkeit.

Durch die röntgenanatomischen Untersuchungen ließen sich aber auch die in der Tiefe der Kotyledonen oder für die gewöhnliche Injektion ungünstiger gelegenen Gefäße und Anastomosen bis in ihren feinsten kapillaren Verzweigungen nachweisen. Diese Methode übertrifft ja alle anderen zur Gefäßdarstellung benutzten Verfahren weit an Leistungsfähigkeit und Klarheit. Die damit an eineiigen Zwillingsplacenten von mir erhaltenen Befunde bestätigen und ergänzen in einwandfreier Weise die Richtigkeit der Lehre von den arteriellen überkapillaren Gefäßverbindungen eineiiger Zwillinge.

Literatur.

1) Schatz, Archiv f. Gynäkol. 24, 27, 29, 30.

Aus dem Institut für Schiffs- und Tropenkrankheiten zu Hamburg (Direktor: Obermedizinalrat Prof. Dr. Nocht).

Röntgenbefunde bei Beriberi.

Von

Dr. P. Reinhard.

(Hierzu Tafel XI, Fig. 1—4.)

An anderem Orte[1]) hatte ich Röntgenbefunde geschildert, wie sie bei beriberiartigen Erkrankungen erhoben wurden. Über die Zugehörigkeit dieser Krankheitsbilder („Rekurrens mit Ödemen" u. dgl.) zur Beriberigruppe ist mehrfach Kontroverse geführt worden (Nocht, Rumpel u. a.), doch scheint die Ansicht derer, die in den oben erwähnten Erscheinungen ein Walten beriberiartiger Prozesse vermuten, mehr und mehr Boden zu gewinnen (Jürgens), wobei der nicht allzu seltenen Beobachtung beriberiartiger Syndrome ohne jede Beimengung von Spirochäteninfektionen nicht geringes Gewicht beizumessen ist. In meiner früheren Mitteilung hatte ich versucht, die Röntgenbefunde, welche ich bei den hierher gehörigen und als beriberiartig angesprochenen Krankheitsbildern erhoben hatte, aus der Pathogenese der hydropischen Beriberi einerseits, der Übereinstimmung mit dem, was japanische Autoren (Inada) röntgenologisch bei Beriberi festgestellt hatten, andererseits zur Stützung obiger Diagnose zu verwerten. Die folgenden Ausführungen haben die Schilderungen von Befunden zum Vorwurf, wie ich sie bei echter Beriberi an exotischem Krankenmaterial im Institut für Schiffs- und Tropenkrankheiten erheben konnte.

Geht man von der Ansicht aus, daß alle klinischen Erscheinungen der Beriberi sich einheitlich durch primäre Nervenschädigungen erklären lassen (Scheube), so wird man in Anwendung dieses Satzes auf die der Röntgenuntersuchung vorzugsweise zugänglichen Kreislaufsstörungen im Bilde obiger Erkrankungen, zumal bei Berücksichtigung der in neuester Zeit anatomisch (L. R. Müller, Glaser) wie klinisch-physiologisch (Eppinger und Heß u. a.) ausgebauten Lehre vom vegetativen Nervensystem einerseits, der pathologisch-anatomischen Befunde bei Beriberi andrerseits (sowohl was Veränderungen im Vagusgebiet [Küstermann, Rumpf und Luce, Rodenwaldt] als auch solche an Arteriennerven [v. Tunzelmann] und Sympathikus [Bälz, v. Tunzelmann und Ellis] anlangt), dazu geführt, den primären Angriffspunkt jener Schädigung, deren Endeffekt wir in Hydroperikard, Extremitäten- und Lungenödem vor uns sehen, im kleinen Kreislauf zu suchen. Die Erhöhung der Widerstände in der Lungenzirkulation stellt das entscheidende Moment für die Genese der hydropischen Beriberi dar, von ihr aus erklären sich leicht und ungezwungen die für Beriberi charakteristische Hypertrophie und Dilatation des rechten Ventrikels, fortgesetzt auf den Konus und verbunden mit jener Dilatation der Arteria pulmonalis, die zu dem so charakteristischen verbreiterten Gefäßschatten im Röntgenbilde führt, während Ventrikel- und Konusvergrößerung die auch von japanischen Autoren (Inada) erwähnte Hyperbelkrümmung des linken unteren Bogens verursachen. Wodurch freilich obige Widerstanderhöhung im Lungenkreislauf bedingt wird, wie sie zustande kommt, entzieht sich noch zum großen Teil unserer Kenntnis.

Was die klinischen Erscheinungen bei Beriberi anlangt, so bilden ja Kurzatmigkeit, Beklemmung, Atemnot selbst bei leichten Anstrengungen ganz gewöhnliche Befunde, auch wenn der neurologische Befund (Paresen, Atrophien u. dgl.) in keiner Weise unterstützend herangezogen werden kann. Selbst wo keine subjektive Atemnot und kein Herzklopfen besteht, ist die Atmung in der Regel mehr oder weniger beschleunigt (Scheube). Bei der akuten

[1]) Archiv für Schiffs- und Tropenhygiene, 1916, Heft 1.

Form wird manchmal geradezu Lungenblähung angegeben (Inada) Dem entspricht es, wenn man autoptisch nicht selten Emphysem antrifft und ein Zurücksinken der Lungen bei Eröffnung des Thorax vermißt. Terminal wird bei sekundär eingetretener Herzinsuffizienz natürlich oft Lungenödem gefunden werden.

Zu den Befunden am Herzen übergehend, finden wir am konstantesten neben hohem, verbreitertem und zuweilen sichtbarem Spitzenstoß einmal eine Rechtsverbreiterung der Herzdämpfung. Im Gegensatz zu ihr tritt eine erhebliche Linksvergrößerung, wie man sie, abgesehen von reinen Fällen von Mitralstenose, bei einer solchen Rechtsdekompensation zu finden gewohnt wäre, eigentlich nur bei hinzukommender Herzinsuffizienz mit anderen Erscheinungen kardialer Stauung zu Tage und verschwindet demgemäß auch bei der Besserung viel schneller. Zum andern aber perkutiert man bei Beriberi charakteristischerweise eine Verbreiterung der „Herztaille“ in Höhe der dritten Rippenansätze, die oft als „Krönigsche aufgesetzte Vorhofsdämpfung“ im 2. und 3. Interkostalraum links neben dem Sternum imponiert und hier lange sich konstant erhält, auch bei eintretender Rekonvaleszenz. Auskultatorisch wird man oft ein systolisches Geräusch über Spitze und Basis, meist über der Pulmonalis am stärksten, vernehmen. Früh akzentuiert und zuweilen gespalten erscheint der 2. Pulmonalton, ja man kann sogar, wenn dasselbe über Tricuspidalis und 5. Punkt der Fall ist, von einem „pulmonalen Galopprhythmus“ sprechen, analog dem zuweilen bei Schrumpfniere über den linksseitigen Herzabschnitten gehörten. Gemeinsam ist eben beiden Arten von Galopprhythmus die abnorme Widerstandserhöhung im betreffenden Kreislauf.

Was die oben erwähnte mit Linksverbreiterung einhergehende Herzinsuffizienz anbetrifft, so führt sie uns zu dem zweiten, vornehmlich in schwereren Fällen figurierenden Faktor in der Genese der hydropischen Beriberi, zu der Insuffizienz des peripheren Gefäßsystems im großen Kreislauf. Diese prägt sich aus im Sinken des Blutdrucks; der Maximaldruck wird im allgemeinen mit der Besserung höher, mit der Verschlimmerung niedriger, wie Miura und Inada angeben (van Hengel gibt allerdings erhöhten Blutdruck an); auch wir beobachteten durchweg eine nicht unbeträchtliche Verminderung desselben (90—80 maximal mm Hg. nach Riva-Rocci). Dabei ist die Differenz zwischen Maximal- und Minimaldruck, der Pulsdruck, eher vergrößert als verkleinert, wie auch van Hengel und japanische Autoren anführen; dementsprechend wird die Beschaffenheit des Pulses dem Fieber- oder Amylnitritpulse vergleichbar beschrieben. Andererseits fällt oft eine gewisse Bradykardie auf (nicht selten unter 60 Pulse), deren vagotonische Genese sich durch Erhöhung der Pulsfrequenz um 20—50 % unter Atropininjektion dartun läßt.

Klinisch äußert sich die eben geschilderte Insuffizienz des Gefäßsystems in frühzeitiger Hautblässe, obwohl Anämie gar nicht konstant und höchstens sekundär aufzutreten pflegt; ferner in bei der hydropischen und kardialen Form bald auftretenden Ödemen, unter denen einmal prätibiales und tiefes intermuskuläres Unterschenkelödem, zweitens aber — und dies gilt besonders für die akut perniziöse Form — frühzeitig und isoliert auftretendes Hydroperikard imponieren. Dabei sinkt die Harnmenge ganz gewöhnlich auf mehrere Hunderte von Grammen, obwohl der Urin meist frei von Albumen gefunden wird; allerdings wollen wir nicht unterlassen zu bemerken, daß wir einmal bei sonst typischer Beriberikonfiguration des klinischen Bildes Eiweißmengen bis zu 40 ‰ gesehen haben, die wir bei dauerndem Fehlen jedes nephritischen Sedimentes auf vorzugsweise Schädigung der Nierennerven beziehen zu müssen glaubten. Hat die Gefäßinsuffizienz eine solche des Herzens zur Folge, so kann die Urinsekretion ganz versiegen.

Wenden wir uns nach diesen einleitenden Bemerkungen im speziellen den eigentlichen Röntgenbefunden zu. Fig. 1, eine Fernaufnahme in 1,50 m Distanz, mag ein Bild entwerfen, wie man es bei einem mittelschweren Falle hydropischer Beriberi zu Gesicht bekommt. Das Erste, was hier dem Beschauer auffällt, ist wohl die Verbreiterung im Gebiet des Konus resp. der Arteria pulmonalis. Man wird natürlich differentialdiagnostische Erwägungen gegenüber

den mitralen Vitien anzustellen haben; dabei ist vor allem von Bedeutung der Nachweis, daß keinerlei Vergrößerung des linken Vorhofes sichtbar ist. Tatsächlich pflegt bei Beriberiherzen, im Gegensatz zur Mitralinsuffizienz und Stenose, die mittlere Bucht im linken Randkontur des Herzens sehr selten ganz zu fehlen. Fast immer sieht man wenigstens den unteren Teil derselben angedeutet; eine Ausnahme bilden nur jene Fälle, wo das Verschwinden jeder Randmodellierung den Schluß auf Hydropericard gestattet. Des weiteren ist es, wenn man die obige Prominenz am linken Herzschattenrande als Konus resp. Arteria pulmonalis ansprechen will, von Wichtigkeit, ihren Pulsationstypus vor dem Leuchtschirm mit enger Blende zu untersuchen, zumal die Exkursionen des Pulmonalisschattens bei Beriberi sehr ausgiebig sind; andererseits erleichtert die hier oft herabgesetzte Pulsfrequenz die Rekognoszierung beträchtlich. Überzeugend endlich wirkt es, wenn man im ersten schrägen und im frontalen Durchmesser zwar eine ausgeprägte Vorwölbung des Konus, dagegen keine solche des linken Vorhofs antrifft. Ist im ersten schrägen Durchmesser eine Einengung des hinteren Mediastinalfeldes zu konstatieren, so handelt es sich stets um den unteren, hinter dem rechten Vorhof bzw. Ventrikel gelegenen Teil, vorausgesetzt, daß keine vergrößerten Hilusdrüsen u. dgl. den hinter dem linken Vorhof gelegenen Abschnitt verdunkeln.

Was nun den Grad der erwähnten Erweiterung im Konus- und Pulmonalisgebiet anbetrifft, so begegnet man hier naturgemäß sehr wechselnden Verhältnissen. Von Fällen, die man, allein auf Grund der Fernaufnahme betrachtet, nur wenig vom Normalen abgewichen finden würde, bei denen aber Beobachtung der Pulsation, Durchleuchtung in den schrägen Durchmessern usw. zu einer anderen Auffassung führen, läßt sich eine zusammenhängende Reihe aufstellen bis zu derartigen Herzbefunden, die fast an einen persistierenden Ductus Botalli gemahnen. Dazwischen stehen Herzsilhouetten wie die der Fig. 1 von mittelschweren Fällen mit typischem klinischem Befunde.

Die Verbreiterung des rechten unteren Bogens, die zweite charakteristische Komponente im Radiogramm des Beriberiherzens, geht in etwa, jedoch nicht streng derjenigen des Konus- resp. Gefäßschattens parallel, ist stark ausgesprochen bei Herzen, die klinisch über Tricuspidalis, 5. Punkt und Pulmonalis gespaltene zweite Töne, ev. sogar einen „Pulmonalgalopprhythmus" aufweisen, analog dem zuweilen bei Schrumpfniere über den linksseitigen Herzabschnitten gehörten. Orthodiagraphisch entsprechen hohe Tr.-Werte.

Wenn mithin dem Beriberiherzen im Röntgenbilde wohl charakteristische Züge eingeräumt werden dürfen, so gewinnt diese Auffassung wesentlich durch die Beobachtung des Verlaufes derartiger Affektionen unter therapeutisch-diätetischer Beeinflussung. Aus den vielfach vorliegenden Tierexperimenten ist es ja zur Genüge bekannt, wie „mit einem Schlage" fast sämtliche experimentell erzeugten Symptome bei Rückkehr zum gewöhnlichen gemischten Futter sich zurückzubilden pflegen. Ähnliches lehrt die klinische Praxis: man sieht hier binnen wenigen Tagen umfangreiche Ödeme und Herzensvergrößerungen restlos sich zurückbilden, wobei tägliche Urinmengen von 6—7 Litern gar keine Seltenheit bilden. Genau das gleiche erblickt man bei kurz aufeinander folgenden Röntgenuntersuchungen; zum Belege seien zwei in kurzem Intervalle von demselben Patienten bei genau gleicher Technik angefertigte Radiogramme angeführt: Fig. 2 zeigt ein hochgradig vergrößertes Herz eines Chinesen, der mit diffusen Ödemen der unteren Extremitäten bis hinauf zur Brusthaut, mit fehlenden Patellar- und Achillesreflexen (Wassermann negativ) sowie charakteristischem Perkussions- und Auskultationsbefunde eingeliefert wurde, Fig. 3 dasselbe 9 Tage später nach Schwund aller Ödeme bei deutlicher Blutdruckzunahme, kaum mehr irgend eine an Beriberi erinnernde Konfiguration aufweisend. Es ergibt sich daraus die Schlußfolgerung, daß man Beriberi-Patienten am besten binnen 24 Stunden nach der Einlieferung einer Röntgenuntersuchung unterzieht, um die oben erwähnten charakteristischen Veränderungen darstellen zu können.

Diese rasche und völlige Rückbildung derart ausgesprochener Symptome ist differentialdiagnostisch ebenfalls von hoher Wichtigkeit. Was die Herzfehler anbetrifft, so ist es ja

bekannt (Dietlen, Libensky u. a.), wie verhältnismäßig gering die orthodiagraphisch festgestellten Änderungen in der Größe der Herzsilhouette vor und nach Digitalistherapie sind; des weiteren aber ermöglicht das oben geschilderte Verhalten insbesondere auch die unter Umständen recht schwierige Abtrennung von anämischen Herzveränderungen. Was diese betrifft, so haben Lüdke und Schüller experimentell an Hunden bei Pyrodin- und Hämolysinanämien regelmäßig Verbreiterungen des Gefäßschattens festgestellt und hierauf den Nebenbefund anämischer Geräusche bezogen, ein Kausalnexus, der m. E. auch für Beriberi zutreffen dürfte. Genau entsprechende Verbreiterungen beobachtete ich zum Teil bei Ankylostomen-Anämien. Da auch bei Beriberi zuweilen nicht unbeträchtliche sekundäre Anämien bestehen, kann die Differentialdiagnose im ersten Augenblicke schwierig sein, zumal eine Kombination von Beriberi und Ankylostomiasis durchaus im Bereiche des Möglichen liegt. Entscheidend wirkt hier neben dem Stuhlbefund binnen kurzem der Dekurs: im Gegensatz zum Verhalten des Beriberiherzens sieht man bei Ankylostomiasis auch nach erfolgreichen Abtreibekuren die Herzform und -größe längere Zeit hindurch so gut wie unverändert.

Angesichts der Schnelligkeit, mit der man typische Beriberiherzen sich zurückbilden sieht, liegt es nahe, die Frage zu stellen, auf welche Weise diese rasche Größenänderung zustande kommen kann. Die Beantwortung derselben ist naturgemäß nicht leicht, immerhin scheinen mir vorwiegend zwei Faktoren Berücksichtigung zu verdienen, einmal Änderung der tonischen Innervation der großen Gefäße, zweitens Auftreten und Resorption größerer oder kleinerer Perikardergüsse.

Was die erstere betrifft, so ist bei unserer zurzeit noch lückenhaften Kenntnis dieses Gebiets große Zurückhaltung geboten; beachtenswert erscheint mir nur der gelegentliche Sektionsbefund eines mit Erschlaffung der großen Gefäße verbundenen Tiefstandes des Herzens. Zu diesem besteht jedoch insofern ein Analogon, als man zuweilen Gelegenheit hat, bei Durchleuchtung resp. Orthodiagraphie im Liegen eine (im Vergleich zum stehenden Patienten) relativ beträchtliche Verbreiterung des Gefäßschattens zu konstatieren, die wohl über das hinausgehen dürfte, was man an nicht beriberikranken Herzen bei Übergang aus Lage zum Stand oder umgekehrt zu sehen gewohnt ist (Moritz). Der Unterschied in der Arbeitsleistung bzw. die Vermehrung der Widerstände für ein Herz, daß mehr minder auf die Windkesselfunktion der Aorta bzw. Pulmonalis verzichten muß, ist ja ohne weiteres einleuchtend. Dieser Umstand dürfte daher m. E. vielleicht geeignet sein, die Genese einer akuten Herzdilatation bei Erschlaffung der großen Gefäße zu erklären. Fernaufnahmen, bei liegendem bzw. stehenden Patienten angefertigt, zeigen gleicherweise das eben geschilderte Verhalten des Gefäßschattens.

Was des weiteren die Beteiligung größerer oder kleinerer Perikardergüsse bzw. ihrer Resorption an der raschen Verkleinerung der Beriberiherzen unter therapeutisch-diäthetischem Einfluß anlangt, so ist zunächst darauf hinzuweisen, daß bekanntlich gerade bei dieser Erkrankung häufig und frühzeitig isoliert (ohne Aszites u. dgl.) auftretendes Hydroperikard zur Beobachtung gelangt. Einen hochgradigen, hierher gehörigen Fall stellt Fig. 4 dar; aber auch Befunde wie der von Fig. 2 sind bei der schweren Differenzierbarkeit einzelner Bögen infolge so gut wie völlig fehlender Randmodellierung entschieden ergußverdächtig. Die rasche Ausscheidung eines solchen Hydroperikard bei eintretender Besserung kann natürlich eine derartig abrupte Verkleinerung der Herzsilhouette, wie sie die Umwandlung von Fig. 2 in Fig. 3 binnen 9 Tagen darstellt, bedeutend verständlicher machen.

Fasse ich zum Schlusse nochmals die Hauptsymptome des Beriberiherzens im Röntgenbilde zusammen, so ergibt sich: primäre Dilatation im rechten (Vorhof und) Ventrikel, Konus und Arteria pulmonalis, beruhend auf Erhöhung der Widerstände im kleinen Kreislauf; sekundär bei Insuffizienz des peripheren Gefäßsystems im großen Kreislaufe und eventuell Erschlaffung der großen Gefäße die hinzukommende Linksdilatation des Herzens und das Hydroperikard.

Literatur.

Baelz, Zeitschr. f. klin. Medizin, Bd. 4, S. 616.
Baelz und Miura, Artikel Beriberi in Menses Handbuch der Tropenkrankheiten, 1914, 2. Aufl.
Dietlen, Herz- und Gefäßkrankheiten im Lehrbuch von Rieder-Rosenthal.
Ellis, Lancet, 1898, S. 985.
Eppinger und Heß, Zeitschr. f. klin. Med., Bd. 67 u. 68.
Eppinger und Heß, Die Vagotonie.
Glaser, Archiv f. klin. Med., Bd. 117, 1915.
Glogner, Archiv f. Sch. u. Tr.-Hyg., Bd. 1, 1897 und Bd. 11, 1907.
Groedel, F. M, Röntgendiagnostik der Herz- und Gefäßerkrankungen, Berlin 1912.
van Hengel, Geneeskundig Tjidschr. vor Nederl. Indie, Bd. 48, S. 792.
Holzknecht, Röntgendiagnostik der Erkrankungen der Brusteingeweide, Hamburg 1901.
Inada, Referat über Beriberi klin. Teil, Verhandlg. d. japan.-pathol. Gesellsch., 2. Tagung 1913.
Küstermann, Münch. med. Wochenschr., 1896, Nr. 18.
Libensky, Zeitschr. f. klin. Medizin, Bd. 80, 1914.
Lüdke und Schüller, Deutsch. Archiv f. klin. Med., Bd. 100.
Moritz, Deutsch. Archiv f. klin. Med., Bd. 81 u. 82.
Nocht, Über Segelschiffberiberi. Festschr. zum 60. Geburtstag von Robert Koch, Jena 1903.
Nocht, Artikel Beriberi in Eulenburgs Realenzyklopädie, 4. Aufl.
Nocht, Archiv f. Sch.- u. Tr.-Hyg., Bd. 12, Beiheft 5.
Nocht, Beriberi. Verhandlg. des Intern. Kongr. d. Med., London 1913.
Nocht, Zur Beriberifrage. Jahresk. f. ärztl. Fortb., 1911.
Nocht, Sitzung d. ärztl. Vereins Hamburg, 29. Juni 1915, referiert in Deutsch. med. Wochenschr., 1915, Nr. 40.
Rodenwaldt, Beiheft 5 zum Archiv f. Sch. u. Tr.-Hyg, Bd, 12, 1908.
Rumpf und Luce, Jahrb. d. Hamburg. Staatskrankenanst., Bd. 7, 1902.
Scheube, Krankheiten der warmen Länder, Jena 1910.
Schwarz, Röntgenuntersuchung des Herzens und der großen Gefäße, Leipzig u. Wien, 1911.
Tanaka, Wiener klin. Wochenschr., 1910, Nr. 48.
Weitere Literatur bei Baelz und Miura, Nocht, Scheube.

Aus dem Feldlazarett 9, VIII. A.-K. Chefarzt: Stabsarzt d. R. Prof. Dr. Hilgermann.

Zur traumatischen Malazie der Handwurzelknochen.

Von

Oberarzt d. L. I. Dr. **Therstappen.**

(Hierzu Tafel X, Fig. a u. b.)

Das seltene und hinsichtlich seiner Genese noch nicht aufgeklärte Krankheitsbild soll die kurze Beschreibung folgenden Falles rechtfertigen, der dem Feldlazarett zur medicomechanischen Behandlung überwiesen wurde. Es handelt sich um die Verletzung des Handgelenks, die zur Luxation des Os lunatum und zur Strukturveränderung des Os lunatum, sowie der anderen Handwurzelknochen führte, die sich im Röntgenbild als Formveränderung sowie als unregelmäßige Schattenverdichtungen resp. Aufhellungen dokumentiert.

Am 23. Oktober wurde der Patient am rechten Unterarm durch eine Infanteriekugel verwundet, als er mit der Öffnung der Gewehrkammer beschäftigt war. Die Hand habe sofort nach dem Schuß in starker Abduktionsstellung gestanden; Bewegungen konnte er im Handgelenk nicht mehr ausführen. In Narkose wurde angeblich die Einrichtung des Handgelenks vorgenommen und ein Gipsverband bis zur Mitte des Oberarms angelegt. Später wurde er mit Heizen, Massage und Bewegungsübungen behandelt, wobei sich mehrmals Knochensplitter abgestoßen hätten. Am 8. Mai kam er zur Verwundetenkompagnie und am 11. Juni zum Ersatzbataillon, wo er mit leichtem Dienst beschäftigt wurde. Von dort wurde er zur Rekrutenabteilung kommandiert, wo er jedoch angeblich seinen Dienst nicht ausführen konnte wegen Kraftlosigkeit im rechten Arm. Er wird jetzt von dem Korpsarzt zur medicomechanischen Behandlung einem Feldlazarett überwiesen.

An der Innenseite des rechten Unterarms, 1 cm zentralwärts vom Erbsenbein, befindet sich eine erbsengroße, etwas eingezogene, angeblich druckempfindliche Hautnarbe (Einschuß). An der Außenseite des Unterarms, etwas mehr zur Streckseite hin, 1 cm zentral von der Gelenkfläche des Radius eine querverlaufende, 2 cm lange, an einer Stelle leicht fixierte und auf Druck empfindliche Narbe (Ausschuß). Die ganze rechte Hand scheint etwas nach außen und zur Beugeseite hin verschoben. An der Streckseite des Handgelenks fühlt man ungefähr in der Mitte einen Knochen, leicht über die Oberfläche des Handgelenks vorspringend. Das Handgelenk steht in Streckung, weitere Streckbewegungen aktiv und passiv ausgeschlossen. Aktiv und passiv Beugung um ca. 10°, die Abduktion sowie die Adduktion in gleichem Maße um 10° möglich. Bewegung der Finger vollkommen normal, grobe Kraft der Hand ziemlich stark eingeschränkt. Sensibilität, mit Ausnahme einer leicht hypalgetischen Stelle des rechten Kleinfingerballens, normal. Muskulatur der rechten Handleicht atrophisch. Umfänge:

	R.	L.
Oberarm:	27 cm	28 cm
obere Ellenbogenfalte:	24 cm	25 cm
Unterarm: untere Ellenbogenfalte:	26 cm	$27^1/_2$ cm
Handgelenk:	19 cm	18 cm
Mittelhand:	21 cm	22 cm

Hautfarbe des rechten Arms normal.

Das Röntgenbild zeigt eine Zerstörung der Gelenkfläche des Radius, eine Subluxation der Hand volarwärts, sowie eine Luxation des Os lunatum dorsalwärts. Wir sehen es in der Seitenaufnahme aus dem Verband mit den anderen Handwurzelknochen losgelöst, auf der dorsalen Fläche des Os capitatum, während es auf der dorso-volaren Aufnahme vollständig unsichtbar ist. In die durch den Verlust des Lunatum entstandene Lücke haben sich das Os capitatum und hamatum keilförmig eingeschoben, so daß beide die Gelenkfläche des Radius berühren. Die ganze Handwurzel ist abgeflacht und radio-volarwärts verschoben. Die zentralen, dem Radius zugewandten Flächen des Os naviculare, Kapitatum und Triquetrum, sowie die Gelenkfläche des Radius zeigen unregelmäßig gezackte Ränder, verschwommene Schattenaufhellungen und -verdichtungen. Das Kapitatum bietet auf der seitlichen Aufnahme keinen anormalen Befund, während seine Zeichnung auf dem anderen Bild verwaschen ist und unregelmäßige Schatten zeigt. Das im dorso-volaren Bild fehlende Lunatum hat im seitlichen Bild die Form einer Hantel, bedingt durch eine flache Delle auf beiden Seiten. Die beiden knopfförmigen Enden zeigen verschwommene Zeichnung und kleine unregelmäßige Schatten. Der Schatten in der Mitte des Os lunatum, also im Handgriff der Hantel, ist aufgehellt und von einem feinen, dunklen Streifen durchzogen. Nachträglich zeigt Patient zwei im November 1914, resp. Februar 1915, leider nur in dorso-ventraler Richtung, aufgenommene Bilder. Außer den Veränderungen unserer Bilder sieht man dort mehrere von der Gelenkfläche des Radius losgelöste Knochenbruchstücke, wahrscheinlich sind es dieselben, die später aus der Wunde entfernt wurden. Wir sehen also, daß das Handgelenke im Röntgenbilde hochgradig verändert ist. Außer der Luxation der Hand und einer Luxation des Os lunatum finden wir mehr oder weniger starke Veränderungen an dem Lunatum und an dem mit ihm durch Bandmassen verbundenen Knochen. Im anteroposterioren Durchmesser ist das Os lunatum abgeflacht. Ob die feine dunkle Linie im Lunatum-Schatten als Fraktur zu deuten ist, will ich nicht entscheiden, da die Röntgenbilder in dieser Beziehung zur Vorsicht mahnen. Ebenso schwer dürfte die Frage zu beantworten sein, in wieweit in der dorsovolaren Aufnahme der Schatten des Kapitatum von dem darübergelagerten luxierten Lunatum beeinflußt wird. Der Verletzungsmechanismus wäre der, daß das Geschoß bei starker Pronation und geringer Beugung der Hand an der Außenseite des Handgelenks eindrang, unter der Zerstörung der fixierenden Bandmassen das Lunatum aus seinem Verband mit den benachbarten Knochen loslöste und, durch die Gelenkfläche des Radius dringend, an der Außenseite des Handgelenks auftrat.

Wie gewöhnlich bei derartigen Verletzungen, sind die Extensionsbewegungen im Handgelenk besonders stark eingeschränkt. Dazu besteht Druck- und Stauchungsschmerz an den verletzten Knochen.

Wie sind nun die Veränderungen, wie man sie im Röntgenbild an den einzelnen Handwurzelknochen bemerkt, zu erklären?

Nach Preiser und Kienböck sind es Folgen von Ernährungsstörungen, bedingt durch die Zerreißung der die einzelnen Handwurzelknochen verbindenden Bänder, die die Ernährungsgefäße bergen. Daß nach dieser Theorie die Ernährung des Os lunatum in unserem Falle stark beeinträchtigt ist, ergibt sich ohne weiteres, da das Os lunatum, vollkommen aus dem Verband der Handwurzelknochen losgelöst, auf der Dorsalseite des Os capitatum sitzt. Von ihren ernährenden Gefäßen losgelöst, soll die Spongiosa zugrunde gehen und durch Bindegewebe, ähnlich bei dem der Ostitis fibrosa, ersetzt werden, ein Umstand, der Preiser und Kienböck veranlaßte, das ganze Krankheitsbild als der Ostitis fibrosa zugehörig zu bezeichnen. Die manchmal im Navicuiare, resp. Lunatum beobachtete Bruchlinie soll erst eine Folgeerscheinung der rarefizierenden Ostitis sein. In unserem Falle könnte man als solche Bruchlinie den strichförmig, quer durch das hantelförmig veränderte Lunatum laufenden Schatten ansprechen. Die Annahme eines gewöhnlichen Lunatumbruchs ist höchst unwahrscheinlich, wenn man sie auch nicht völlig von der Hand weisen kann. Ebensowenig wie das Röntgenbild gibt das Mikroskop eine Aufklärung. Bei gleichem oder ähnlichem Röntgenbild fand der eine Knochenabbauprozesse mit Wucherung von fibrillärem Bindegewebe, andere Bindegewebe und Zysten mit gallertartigem, fibrösem oder blutigbreiigem Inhalt. In mehreren Fällen wurden dementsprechend im Röntgenbild rundliche Aufhellungen festgestellt. Es mangelt bei der Untersuchung an der Einheitlichkeit der Untersuchung bei diesen immerhin nicht häufigen Krankheitsfällen. Die Literatur bringt hier nur die mikroskopische Beschreibung eines veränderten Handwurzelknochens, dort einen mikroskopischen Befund, in anderen Fällen nur das Röntgenbild und dieses manchmal nur in einer Ebene aufgenommen; dazu, und darauf möchte ich besonders aufmerksam machen, wurden die Untersuchungsbefund zu verschiedenen Zeiten beschrieben, frische Fälle neben über ein Jahr bestehenden, und daraus Schlüsse für das ganze Krankheitsbild gezogen. Nun wissen wir aber allein schon durch das. Röntgenbild, wie sehr sich derartige Knochenbefunde im Laufe der Zeit ändern, so daß ein Vergleich von zu verschiedenen Zeiten untersuchten Fällen recht gewagt erscheint. Hinsichtlich der Genese des fraglichen Krankheitsbildes glaube ich auch in unserem Falle die Veränderungen der Handwurzelknochen auf eine Ernährungsstörung zurückführen zu müssen, sei es, daß die einzelnen Knochen durch totale oder partielle Zerstörung der die ernährenden Gefäße führenden Bänder oder direkt durch die Zertrümmerung der Knochen mehr oder weniger der Malazie verfallen sind, eine Ansicht, zu der ich mich schon früher bei Beschreibung der Veränderungen des Os naviculare und Lunatum bekannte. (Festschrift zur Feier des 10 jährigen Bestehens der Akademie für praktische Medizin in Cöln.)

Noch ein Wort zur Behandlung derartiger Fälle. Die Ober-, Unterarm- und Handmuskulatur wird zur Behebung der Atrophie massiert und elektrisiert, das Handgelenk selbst geheizt, vorsichtig bewegt und massiert. Abgesehen von der bei mechanischen Hindernissen angezeigten Operation, rate ich von forcierter Behandlung ab, weil sich fast regelmäßig eine Schmerzverschlimmerung einstellt, die sich dann nur durch eine zeitweise Fixierung des Handgelenks (Gipsverband etc.) beheben läßt.

(Aus der medizinischen Universitätsklinik Straßburg i. Els. Direktor: Prof. Erich Meyer.)

Die Siderosis der Lunge im Röntgenbilde.

Von

Dr. **Alfred Weil**, Leiter der Röntgenabteilung.

(Hierzu Tafel X, Fig. 1—3.)

Die Eigentümlichkeit des Röntgenbildes und dessen differential-diagnostische Bedeutung bei der Bewertung ähnlicher Röntgenbefunde veranlassen mich, über einen Fall hochgradiger Siderosis der Lungen zu berichten, der auch des praktischen Interesses nicht entbehrt.

Er betrifft einen 30jährigen Soldaten, der am 1. November 1915 eingezogen worden war. Bei früheren Musterungen war er angeblich jedesmal wegen Herzfehlers freigekommen. Auch dieses Mal machte er selbst darauf aufmerksam, daß er an starker Atemnot leide, wurde aber trotzdem eingestellt, weil sich objektiv weder an Lungen noch Herz irgend etwas zur Begründung seiner Angabe finden ließ. Als der Dienst größere Anstrengungen mit sich brachte, fühlte er sich diesen wegen seiner Atemnot nicht mehr gewachsen und meldete sich krank. Wieder fand sich kein objektiver Befund vor, und er wurde daher zur weiteren Klärung und Begutachtung der hiesigen Poliklinik überwiesen. Von hier aus kam er zur Untersuchung in unsere Röntgenabteilung, wobei sich schon bei der Durchleuchtung der überraschende Befund ergab, den noch deutlicher Abbildung 1 auf Tafel X erkennen läßt: Die Lungenfelder über und über besät mit unzähligen, kleinsten, sehr dichten Herdchen, die ganz gleichmäßig über alle Lungenabschnitte verteilt sind und nur die unteren seitlichen Partien frei lassen.

Schon die große Dichte des einzelnen Herdchens legte die Vermutung nahe, daß es sich um metallhaltige Einlagerungen in das Lungengewebe handeln müsse. Und die nun darauf hingerichtete Anamnese ergab, daß der Mann in der Tat 15 Jahre lang als Schlosser damit beschäftigt gewesen war, Schloßteile zurecht zu feilen, und zwar in einem Raume, in dem auch noch andere Arbeiter der gleichen Verrichtung oblagen. Zur Inhalation von Eisenstaub war ihm somit reichlich Gelegenheit geboten, und es dürfte wohl keinem Zweifel unterliegen, daß wir es in der Tat mit einem Fall von Siderosis der Lunge zu tun haben, wie er klinisch und pathologisch-anatomisch ja nicht gerade zu den Seltenheiten gehört, dessen röntgenologische Wiedergabe in der mir zur Verfügung stehenden Literatur aber bisher noch nicht zu finden ist.

Als praktisch wichtig möchte ich zunächst hervorheben, daß auch nach der röntgenologischen Aufklärung des Falles klinisch absolut nichts an den Lungen nachzuweisen war. Der Thorax des Patienten ist ziemlich flach und wenig exkursionsfähig, die Lungengrenzen stehen eher tief, sind aber gut beweglich. Der Klopfschall ist sehr laut, das Atemgeräusch eher leise, wie bei Emphysem. Keine Nebengeräusche, kein Husten, kein Auswurf. Die Herzgröße ist normal, die Töne rein, der Blutdruck 115 mm Hg. Die Blutzusammensetzung: 90 % Haemoglobin, 3,9 Mil. rote, 5300 weiße Blutkörperchen im cbmm. Auch sonst ist alles normal an dem Manne, höchstens, daß eine geringe Zyanose der Lippen zu erwähnen wäre.

Dieses völlige Fehlen nennenswerter objektiver Symptome bei ausgedehnten krankhaften Veränderungen wurde dem Kranken beinahe zum Verhängnis, indem es ihn in den Verdacht der Simulation brachte. Auf der anderen Seite hätte es aber auch mißlich werden können, wenn der Mann weiterhin zu schwereren Dienstleistungen herangezogen worden wäre. Auch ohne solche wird eine Verschlimmerung des Befindens und eine Komplikation durch Hinzutreten von Tuberkulose wohl unausbleiblich sein. Hätten sich diese Ereignisse aber im Dienste gezeigt, so hätte der Mann sicher Dienstbeschädigung in Anspruch genommen für eine Erkrankung, die er längst in sich trug.

Vom röntgenologischen Standpunkte aus möchte ich auf die Wichtigkeit hinweisen, das Vorkommen von Bildern, wie das hier veröffentlichte, zu kennen. Es hat eine nicht geringe Ähnlichkeit mit dem der Miliartuberkulose, und könnte darum eventuell einmal zu Verwechslungen mit dieser Anlaß geben. Bei der außerordentlich großen Bedeutung, die der frühzeitige röntgenologische Nachweis der Miliartuberkulose in den letzten Jahren gewonnen hat, ist diese Möglichkeit nicht ganz außer acht zu lassen[1]). Als drittes Krankheitsbild von gleichem röntgenologischen Typus tritt die Chalikosis der Lungen hinzu. Zur besseren Orientierung sind in Abbildung 2 und 3 auf Tafel X je ein Fall reiner Miliartuberkulose (Abb. 2) und Chalikosis (Abb. 3) dem Bild der Siderosis (1) gegenübergestellt. Diese lassen erkennen, daß in bezug auf die Verteilung über die Lunge alle drei Krankheitsbilder die gleichen Verhältnisse zeigen. Es bestehen aber deutliche Unterschiede bezüglich der Dichte der einzelnen Herde. Am dichtesten sind die der Siderosis, dann folgen die der Chalikosis, die zartesten sind diejenigen der Miliartuberkulose. Die Größe der einzelnen Herde ist bei der Siderosis und der Miliartuberkulose ungefähr die gleiche. Auch die einzelnen Herde unter sich zeigen bei beiden Zuständen ungefähr gleiche Größe. Bei der Chalikosis dagegen variieren die einzelnen Herde in ihrer Größe mehr untereinander, so daß man ganz kleine findet wie bei den beiden anderen Bildern, dazwischen aber auch wesentlich größere.

Sind die Fälle so rein, wie die hier zur Abbildung gebrachten, so ist die röntgenologische Unterscheidung, welches der drei Krankheitsbilder vorliegt, leicht. Tritt aber sekundär Tuberkulose hinzu, oder waren — wie bei der Miliartuberkulose häufig der Fall — vorher schon tuberkulöse Veränderungen in der Lunge, so kann auch röntgenologisch die Unterscheidung sehr schwer sein. Die Kombination mit Tuberkulose ist aber außerordentlich häufig. So sollen $90^0/_0$ aller an Siderosis Erkrankten an sekundärer Tuberkulose zugrunde gehen. Bei dem hier mitgeteilten Falle ist weder klinisch — wie aus den oben gegebenen Daten hervorgeht — noch im Röntgenbilde zurzeit irgend etwas von Tuberkulose nachzuweisen, so daß es sich um eine ganz reine Siderosis handelt, und der Fall auch in dieser Beziehung eine gewisse Seltenheit beanspruchen darf.

Zum Schlusse sei noch erwähnt, daß wir versucht haben, das in der Lunge abgelagerte Eisen direkt am Sideroskop nachzuweisen. (Die Benützung dieses Instrumentes verdanke ich der Liebenswürdigkeit von Herrn Prof. Hertel, Direktor der hiesigen Augenklinik.) Eindeutige Ausschläge konnten allerdings an dem Instrument nicht beobachtet werden, was aber von vornherein auch nicht recht wahrscheinlich war. Denn man muß doch wohl annehmen, daß die inhalierten Eisenteilchen im Gewebe rasch eine chemische Umwandlung erfahren, und dann nicht mehr imstande sind, als metallisches Eisen die Magnetnadel irgendwie zu beeinflussen.

---

[1]) Anhangsweise möchte ich hier anführen, daß es mir Ende vorigen Jahres in einem Falle von Miliartuberkulose gelang, $8^1/_2$ Wochen ante exitum aus dem Röntgenbilde die Diagnose mit Sicherheit zu stellen. Nach dem genannten Zeitraum (genau 59 Tage) wurde die Richtigkeit der Diagnose autoptisch bestätigt.

Aus der Kinderabteilung des Rigshospitals zu Kopenhagen (Chefarzt: Dr. Bloch).

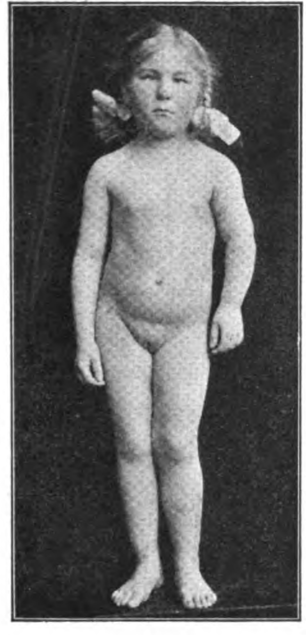
Über einen Fall von halbseitiger multipler Chondromatose.
(Olliersche Wachstumsstörung.)

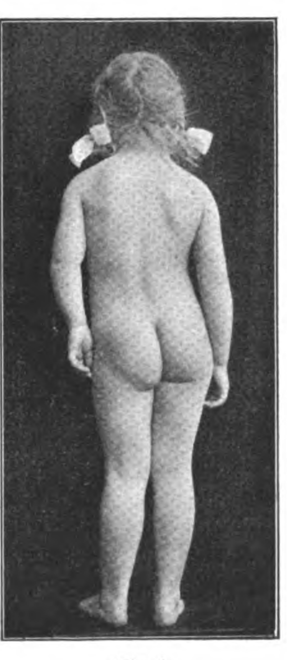
Von
Aage Bojesen.

(Hierzu Tafel XII und XIII.)

In der Kinderabteilung des „Rigshospitals" zu Kopenhagen wurde am 10. Oktober 1913 ein kleines Mädchen, Erna F., $6^1/_4$ Jahr alt (geb. 18. Oktober 1907) zur Beobachtung aufgenommen.

Keine krankhafte Disposition, spez. was Nervenleiden, Geschwülste oder Wachstumsabnormitäten betrifft. Die Eltern gesund. Patientin ist Nr. 1 von 6 Geschwistern, von denen eins mit anderthalb Jahren an „Magenkatarrh" gestorben ist; die übrigen gesund, bieten keine Zeichen von demselben Leiden wie die Patientin dar. Die Mutter war während der Gravidität etwas kränklich, ohne jedoch eigentliche Krankheitserscheinungen darzubieten. Keine Traumen.


Fig. 1.


Fig. 2.

Rechtzeitige Geburt. Es wurde Zange an den zuerst erscheinenden Kopf angelegt. Die Zangenextraktion war schwierig. Das Kind scheintot. Geburtgeschwulst am Kopfe, es soll aber keine Gesichtsschiefheit vorhanden gewesen sein. An einer Schläfe und am Halse Hautabschürfungen. Das Kind zappelte mit Armen und Beinen. Es wurde zirka 1 Monat an der Mutterbrust ernährt, hörte dann aber auf, weil die Mutter keine Milch mehr hatte. Erhielt dann Milchmischungen. Erster Zahn mit 6 Monaten. Fängt, 1 Jahr alt, zu gehen und gleichzeitig zu sprechen an. Es ist immer starkes Schielen vorhanden gewesen.

Als sie zu gehen anfing, bot der Gang nichts Abnormes dar, sondern zeigte sich in den ersten Lebensjahren vollständig normal. Zirka 2 Jahre alt, erkrankte sie an „Lungenverschleimung". Morbilli Juni 1911, wo sie ziemlich stark angegriffen gewesen sein soll; hat jedoch weder Krämpfe noch andere Komplikationen gehabt. Vor zirka 2 Jahren (4 Jahre alt) bemerkte man, daß sie hinkte (linkes Bein), und dieses Hinken ist immer stärker geworden. Sie klagt nie über Müdigkeit während des Gehens und hat nie Schmerzen in den Extremitäten gehabt. Die Kräfte ihres linken Arms sind immer gut gewesen, und sie bewegt denselben völlig frei und normal. Eine Fraktur ist weder am linken Humerus noch an anderen Knochen vorhanden gewesen. Sie war vor der Aufnahme nie irgendwelcher Behandlung unterworfen gewesen.

Während des Aufenthalts im Spitale ist ihre Sprache und ihr Benehmen völlig normal gewesen, sie war immer lebhaft und munter. Fremden Menschen gegenüber ist sie aber unfreundlich und unzugänglich. Ihre Intelligenz entspricht ihrem Alter.

Bei der Untersuchung der Patientin wird man sofort bemerken, daß ihre rechte und linke Körperhälfte (Fig. 1 - 2) ungleich entwickelt sind, ja sogar große Verschiedenheiten, was die Oberextremitäten betrifft, darbieten. Während die rechte Körperhälfte derjenigen eines normal entwickelten Kindes von 6 Jahren entspricht, ist die linke Körperhälfte zurückgeblieben, sie hat während des Wachstums des Kindes stagniert (s. das Schema). Die Messungen gaben folgende Zahlen:

Körperlänge $109^{1}/_{2}$ cm.

Größter Umfang des Kopfes $50^{1}/_{2}$ cm.

	rechts	links	Differenz
Brustumfang	34 cm,	27 cm,	7 cm.
Die Oberextremitäten:			
Akromionspitze bis Mittelfinger (bei gestrecktem Ellbogengelenke)	44 „	37 „	7 „
Akromionspitze bis Olekranon (rechtwinkelig gebeugter Ellbogen)	20 „	$14^{1}/_{2}$ „	$5^{1}/_{2}$ „
Epicond. ext.-proc. styl. radii	$16^{1}/_{2}$ „	15 „	$1^{1}/_{2}$ „
Länge der Ulna (Röntgenphotographie)	15 „	$11^{1}/_{2}$ „	$3^{1}/_{2}$ „
Größter Umfang des Oberarms (Axil)	$19^{1}/_{2}$ „	22 „	$2^{1}/_{2}$ „
Umfang des Antebrachii, 8 cm von Olekranon	16 „	$16^{1}/_{2}$ „	$^{1}/_{2}$ „
Unterextremitäten:			
Spina ilii ant. sup.-Malleol ext.	$55^{1}/_{2}$ „	$51^{1}/_{2}$ „	4 „
Spina ilii ant. sup. condyl. ext. f.	$29^{1}/_{2}$ „	$26^{1}/_{2}$ „	3 „
Tibiakondylrand-Malleol ext.	26 „	25 „	1 „
Ferse-Großzehenspitze	16 „	16 „	0 „
Umfang des Femur, 9 cm über Patella	32 „	34 „	2 „
Umfang des Krus, 8 cm unter Patella	24 „	25 „	1 „

Während die Untersuchung der rechten Körperhälfte in allen Beziehungen normale Verhältnisse ergibt, und zwar besonders in bezug auf die Extremitäten, zeigt die Untersuchung der linken Hälfte folgende Verhältnisse:

Der größte Umfang des Kopfes entspricht dem Alter ($50^{1}/_{2}$ cm), dagegen ist die linke Gesichtshälfte ein wenig — wenn auch deutlich — kleiner als die rechte, besonders was die Wangenpartie betrifft. Die linke Nasolabialfurche ist etwas weniger ausgesprochen als die rechte, der linke Mundwinkel etwas hängend. Die Muskulatur selbst scheint nicht atrophisch, doch scheinen die Gesichtsknochen der linken Seite weniger entwickelt.

Arcus supraciliarus ist an beiden Seiten in gleicher Höhe gelagert. Bei der Untersuchung des Thorax sieht man gleich den großen Unterschied der beiden Hälften. Die linke Hälfte ist beträchtlich weniger entwickelt als die rechte, die einen völlig normalen Bau aufweist (speziell kein Zeichen von früherer Rachitis). Die Costae der linken Seite sind kürzer als diejenigen der rechten Seite, und die linke Thoraxhälfte ist abgeplattet, besonders an der gegen die etwas nach außen gebogene Kurvatur gekehrten Seite. Die vorderen Partien der Costae beim Übergang zu den Knorpeln (besonders an C. II bis C. VIII, sind etwas aufgetrieben; übrigens werden keine Verdickungen oder Unebenheiten palpiert.

Die Untersuchung der linken Oberextremität ergibt im ganzen große Veränderungen:

Die Extremität ist kurz und plump und wird leicht nach innen rotiert gehalten. Während Klavikula normal entwickelt ist, findet sich eine sehr ausgesprochene Deformität der Skapula. Der Knochen ist zirka 1 cm kürzer als der rechte, wohingegen die Breite dieselbe ist. Die normalen Konturen sind fast völlig verwischt, und der Knochen läßt sich am ehesten als eine unförmliche Masse charakterisieren mit angedeutetem Angulus und einer ganz niedrigen Spina. Die Oberfläche der Skapula ist etwas uneben, jedoch ohne größere Prominenzen. Akromion und Proc. coraoideus sind ebenfalls verdickt und deformiert. Skapula tritt stark hervor (wegen ihrer Dicke, zirka $1^{1}/_{2}$ cm). Humerus ist kurz und plump, und außer den Verkürzungen (s. Schema) bemerkt man gleich eine beträchtliche Deformität der ganzen oberen Hälfte. Es ist, als ob das Kind einen kolossal entwickelten M. deltoideus besitze. Die Deformität ist nach oben gegen die Artikulation und nach innen gegen die Axilla (s. Schema) am stärksten. Nach unten hört sie ziemlich plötzlich auf, und man sieht eine deutliche Furche an der Mitte des Arms.

Durch Palpation zeigt sich das Caput humeri, sowie der obere Teil der Diaphyse des Humerus sehr bedeutend verdickt und deformiert, von der Größe eines Hühnereis. Die Oberfläche ist uneben und buckelig, und gegen die Axilla fühlt man an der Diaphyse eine prominierende Partie mit unregelmäßig buckeliger Oberfläche. Die Konsistenz des Knochens ist fest, und man fühlt nirgends weichere Partien oder Pergamentknittern.

Es läßt sich im Schultergelenk passive Rotation, sowie Ad- und Abduktionsbewegungen in vollem

Umfang ausführen. Man palpiert bei diesen Bewegungen beträchtliches Scharren im Gelenk, das Kind klagt aber nicht über Schmerzen. Das Gelenk ist aktiv vollkommen normal beweglich, Skapula folgt nicht mit.

Der untere Teil der Diaphyse ist etwas aufgetrieben, es findet sich aber hier keine wesentliche Deformität.

Antibrachium ist ebenfalls wie der Humerus verkürzt und abgestumpft (s. Schema). Das Ellbogengelenk ist normal, die Bewegungen frei. Bei der Palpation erscheint der untere Teil des Radius verdickt, die Ulna scheint dagegen das Handgelenk nicht erreichen zu können, indem ein paar Zentimeter aufwärts von demselben eine Verdickung des Knochens palpiert wird, und zwischen derselben und dem Handgelenk eine Vertiefung ist, als ob der Knochen aufhörte.

Sowohl Pronation als auch Supination wird in vollem Umfang ausgeführt. Die Hand ist plump, und einige Finger sind kürzer als die entsprechenden der anderen Seite. Sie gleichen Perlenschnurfingern bei Rachitikern. Alle Metakarpalknochen und die Diaphysen der Phalangen sind mehr oder weniger verdickt. Die beiden äußeren Phalangen des zweiten Fingers sind radiär deviiert (beobachtet, als das Kind 1 Jahr alt war). Die Oberfläche der Knochen ist an mehreren Stellen buckelig, man kann aber nirgends scharfe Prominenzen palpieren. Die Konsistenz der Knochen fest, kein Pergamentknittern.

Die Bewegungen der Finger sind sind vollständig frei und normal, die Kraft der Hand ist nicht geschwächt. Die Reflexe sind alle normal, keine Sensibilitätsstörungen.

Die linke Unterextremiät ist etwas kürzer als die rechte, gleichwie auch eine Umfangsvergrößerung von Femur und von Krus (s. Schema) beobachtet wird. Das Femur ist etwas gekrümmt, doch findet sich sonst keine Deformität des Knochens. Der Trochanter steht nicht über der Roser-Nélatonlinie. Die Bewegungen des Hüftgelenks sind frei.

Die Konturen des Kniegelenks sind normal und ohne Deformität der Knochen. Linkes Krus bietet nichts Abnormes außer der Verkürzung von 1 Zentimeter und der schwachen Umfangsvergrößerung dar. Linkes Fußgelenk und Fuß zeigen normale Verhältnisse. Alle Bewegungen sind normal. Die Muskelkraft gut. Die Reflexe sind normal, keine Sensibilitätsstörungen.

Beim Aufrechtstehen der Patientin treten die Verkürzungen der linken Unterextremität stark hervor. Sie sinkt in die Hüfte, und linker Sulcus infranatium steht niedriger als der rechte. Ausgesprochenes linksseitiges Genu valgum. In dem Lumbalteil der Kolumna findet sich eine sinistro-konvexe Skoliose mit komprimierter, dextro-konvexer Skoliose im dorsalen Teil. Der Gang ist etwas hinkend, schmerzlos.

Die übrige Untersuchung bietet nur weniges von Interesse dar. Es findet sich Strabismus convergens alternans (ungefähr totaler Bewegungsdefekt nach außen an beiden Augen). Die Ophthalmoskopie normal. Die Korneasensibilität normal. Die Sehstärke ist nicht geprüft, weil das Kind noch zu klein ist (Augenabteilung des Rigshospitals). Die beiden mittleren Vorderzähne des Ober- und Unterkiefers leicht rachitisch deformiert. Die Zähne übrigens recht gut. Keine Geschwulst der Gl. thyreoidea. Sthethoscopia pulmonalis und Kordis zeigt normale Verhältnisse. Unterleib nichts Abnormes. Der Harn: normal. Die Temperatur: normal.

Sahli: 100 % Hämoglobin. Pirquet: negativ. Wassermann: negativ.

Die Patientin wurde kurz nach der Aufnahme röntgenphotographiert (in der Röntgenklinik des Rigshospitals), und die Röntgenbilder zeigten folgende Verhältnisse (s. außerdem Tafel XII u. XIII).

Der Schädel: normale Befunde.

Linke Oberextremität: Die Skapula ist unregelmäßig deformiert, besonders in ihrer unteren und medialen Partie.

Cavitas glenoidalis etwas unregelmäßig in der Form und zugleich etwas vergrößert. Die Struktur nach oben durch größere und kleinere runde und ovale, zum Teil zusammenfließende Aufstellungen verändert, so daß der Knochen hier ein großgeflecktes Aussehen darbietet.

Die Skapula ist durch einen wellenförmigen lineären Schatten (wie von einem dünnen Knochenkamm) in 2 Teile geteilt, und zwar in einen lateralen und einen medialen. Die Linie fängt ungefähr an der Mitte des oberen Randes an, läuft von hier aus senkrecht und biegt etwa in der Mitte der Skapula gegen den lateralen Rand hinaus, an welchem sie zirka $3^1/_2$ cm abwärts von der unteren Partie der Gelenkschale anlangt.

Während der laterale Teil der Skapula ein normales Aussehen darbietet, ist der mediale Teil im höchsten Grade verändert, indem längliche, ovale, ungleich große Aufhellungen in Reihen gelagert sind, von Schattenzügen, die, der besprochenen senkrechten Linie entspringend, quer über den Knochen verlaufen, gegenseitig getrennt. Die Aufhellungen reichen bis zum Rand hinaus, so daß derselbe zum Teil verwischt und die Struktur zerstört wird.

Spina scapulae etwas unregelmäßig mit einem mehr schroffen Verlauf als an der rechten Seite.

Der Humerus ist beträchtlich verkürzt, mehr plump als der rechte und etwas gekrümmt, mit der Konkavität lateralwärts gekehrt. Während die untere Hälfte keine Strukturveränderung darbietet und

nur durch ihre plumpe, unregelmäßige Form von der rechten Seite abweicht, ist die stark keulenförmig verdickte obere Hälfte auch in der Struktur beträchtlich verändert. Größere und kleinere, bald runde, bald mehr unregelmäßige Aufhellungen wechseln mit runden und eckigen, unregelmäßigen, zum Teil zusammenfließenden, stark schattengebenden Flecken, die dem ganzen Knochen ein stark marmoriertes Aussehen verleihen. Die Aufhellungen reichen ganz bis zu den Rändern hinaus, so daß dieselben an mehreren Stellen rauh und zottig werden.

Die epiphisäre Scheibe des Kaput ist flach und dünn, entschieden ohne Strukturveränderungen. Die antibrachialen Knochen sind kürzer und dicker als die rechtsseitigen. Strukturveränderungen finden sich hier nach unten, indem man in dem verdickten unteren Drittel der Diaphyse des Radius die oben beschriebenen größeren und kleineren unregelmäßigen Aufhellungen vorfindet, die dem Knochen ein gefleckte Aussehen geben und die Konturen uneben machen. Das untere Drittel von Ulna, deren untere Spitze nur bis zirka 3 cm über das Kniegelenk reicht, ist in seinem ganzen Verlauf keulenförmig aufgetrieben, und bietet dasselbe gefleckte Aussehen und dieselben unregelmäßigen Konturen, wie das untere Ende von Radius dar.

Die untere epiphisäre Scheibe des Radius ist von unregelmäßiger Form mit wellenförmigen Konturen, die Struktur ist dagegen nicht verändert.

Die Karpalknochen sind etwas größer als diejenigen der rechten Seite, und die Knochenkerne des Os naviculare und Multangulus maj. haben schon Erbsengröße erreicht, während sie an der rechten Seite noch nicht sichtbar sind.

Die Metakarpen und Phalangen sind durchgehends mehr plump, als diejenigen der rechten Seite, und was den 4. und 5. Finger betrifft, zugleich etwas verkürzt. Ungefähr alle diese Knochen weisen größere oder kleinere Aufhellungen auf, sowohl im Innern des Knochens, als auch an den Rändern, wodurch die Form der Knochen im höchsten Grade verändert und unregelmäßig wird. Am meisten ausgesprochen sind die Veränderungen des 4. und 5. Fingers, die Aufhellungen finden sich überall nur in den Diaphysen; die Epiphysenscheiben sind an vielen Stellen schief und asymmetrisch, jedoch ohne Strukturveränderungen.

Die Costae sind an der linken Seite kürzer als an der rechten, wodurch die ganze linke Thoraxhälfte schmäler als die rechte wird, die untere Hälfte ist an der linken Seite sehr abgeplattet.

Das vordere Ende des ossösen Teils von Kosta I und besonders von Kosta II, V, VI und VII ist keulenförmig verdickt mit unregelmäßigen Konturen und fleckenweise vorkommenden Aufhellungen. Der direkt an die Kolumna angrenzende Teil von Kosta VI, VII und VIII ist aufgetrieben ohne deutliche Strukturveränderungen.

Kolumna: normal.

Die obere mediale Partie des Os ilium ist stark verändert, und zwar auf gleiche Weise wie die Skapula, indem größere und kleinere, zum Teil konfluierende Aufhellungen durch stark schattengebende Wellenlinien begrenzt sind. Die Aufhellungen reichen ganz bis zur Krista hinaus, wodurch dieselbe unregelmäßig eingekerbt wird. Etwas aufwärts vom Acetabulum findet sich eine etwa bohnengroße Aufhellung, deren laterale Begrenzung zirka $^1/_2$ cm außerhalb des Randes des Os ilium gelagert ist.

Das Femur ist etwas kürzer als dasjenige der rechten Seite und zugleich etwas dicker und mehr plump gebaut. Außerdem ist es nach unten etwas gekrümmt mit der Konvexität lateralwärts gekehrt. Die um den Trochanter minor gelagerte Partie zeigt ähnliche unregelmäßig gebaute größere und kleinere Aufhellungen, wie die oben beschriebenen Knochen, bald mehr nach der Mitte, bald mehr peripher gelagert; ähnliche Aufhellungen, wenn auch weit weniger ausgesprochen, finden sich im unteren Drittel der Diaphyse.

Die Diaphyse weist keine ausgesprochenen Veränderungen auf, jedoch mit der Ausnahme, daß der untere Teil — wie die epiphisäre Partie der Diaphyse plumper gebaut ist als die entsprechende der rechten Seite.

Krus: Linke Tibia etwas kürzer und dicker als die rechte. Im oberen Drittel sieht man auch hier sowohl am Rande — besonders an dem medialen — wie im Innern des Knochens kleine Aufhellungen, welche den Konturen ein unebenes, zottiges Aussehen verleihen und stellenweise die Struktur verändern. Fibula und die Epiphysen, sowie die Knochen des Fußes normal.

Die Knochen der rechten Seite bieten keine derartigen Veränderungen dar, sondern scheinen überall normal gebaut und ohne Destruktion [Panner[1])].

Es war mir — besonders nachdem die Röntgenbilder vorlagen — sofort klar, daß es sich um eine sehr seltene Affektion handeln müsse, und nach Aufforderung meines damaligen Chefs,

[1]) Den Vorstand der Röntgenklinik des Rigshospitals, Herrn Dr. H. J. Panner, bitte ich auch an dieser Stelle für seine liebenswürdige Bearbeitung der obigen Röntgenbeschreibung, sowie für das lebhafte Interesse, mit dem er meiner Arbeit gefolgt ist, meinen herzlichsten Dank entgegenzunehmen.

Herrn Chefarzt Dr. Bloch, habe ich gesucht, im folgenden die Diagnose festzustellen und den Fall näher zu beleuchten.

Wir haben hier eine Knochenaffektion vor uns, deren besonderes Merkmal auf einer ausgeprägten Halbseitigkeit beruht. Es finden sich nirgends an der anderen Körperhälfte ausgesprochene oder beginnende Knochenveränderungen.

Außerdem zeigt die objektive Untersuchung und besonders die Röntgenbilder, daß die Erkrankung — jedenfalls was die langen Röhrenknochen betrifft — auf die Wachstumszentren lokalisiert ist. Dies geht erstens aus der ausgesprochenen Hemmung des Längenwachstums, zweitens aus den ausgesprochenen Deformitäten der Metaphysen der Knochen, sowie aus den weniger affizierten Epiphysen hervor, d. h. aus den Stellen, wo das Längenwachstum der Knochen am lebhaftesten vor sich geht.

Von den in den Wachstumszentren des Knochensystems vorkommenden Affektionen sind: Myxödem und Osteogenesis imperfecta gleich auszuschließen. Es finden sich gewisse Ähnlichkeiten zwischen der Chondrodystrophia foetalis und diesem Krankheitsbild, besonders im Aussehen der linken Oberextremität mit den kurzen plumpen Knochen; doch muß schon allein die Halbseitigkeit, das Röntgenbild der einzelnen Knochen und schließlich der Beginn und die Entwickelung der ganzen Erkrankung die Diagnose Chondrodystrophia foetalis ausschließen.

Daß es sich auch nicht um eine Ostitis fibrosa (v. Recklinghausen) handeln kann, geht aus verschiedenen Verhältnissen hervor: Eine Ostitis fibrosa hat wesentlich ihren Sitz in den Diaphysen, die in der Regel in toto affiziert werden (das Röntgenbild zeigt flecken- und streifenförmige Aufhellungen). Die kurzen Knochen werden so gut wie nie angegriffen und ferner ist die Erkrankung fast immer doppelseitig. Es findet sich Neigung zu Spontanfrakturen, und der Patient hat als Regel Schmerzen in den betroffenen Knochen. Die Affektion kommt selten im Kindesalter vor (Frangenheim brachte jedoch 10 Fälle in dem Lebensalter von $2^1/_2$ bis 10 Jahren). Unser Fall zeigt eine Erkrankung, die nicht in der Mitte der Diaphysen vorkommt, die halbseitig ist und keine Frakturen, keine Schmerzen und zahlreiche affizierte Fingergelenke aufweist.

Die einzige Knochenaffektion, die Tendenz zur Halbseitigkeit verraten kann, und die auf gleiche Weise wie das Leiden dieser kleinen Patientin — mit Wachstumsstörungen — verlaufen kann, und die schließlich dieselben charakteristischen Röntgenbilder gibt, ist die multiple Chondromatose, und hierunter findet sich ferner eine Gruppe, die von Wittek (1906) die „Olliersche Wachstumsstörung“ genannt worden ist, und zwar weil Ollier im Jahre 1899 zum ersten Male einige Fälle dieser Art beschrieben und veröffentlicht hatte.

Am 30. November 1899 teilte Ollier in der „Société de Chirurgie de Lyon“ einen Vortrag mit über ein Leiden, welches er „Dyschondroplasie“ nannte; das Krankheitsbild charakterisiert er folgendermaßen (nach Henri Molin: la Dyschondroplasie 1900).

> „Mit dem Namen Dyschondroplasie bezeichne ich eine Affektion der Knochen in ihrer Entwickelung, welche — meiner Meinung nach — bisher nicht beschrieben wurde, und zu deren Erkenntnis ich erst durch die Röntgenuntersuchung gelangt bin. Diese Erkrankung wird durch eine Unregelmäßigkeit und Verzögerung in der normalen Ossifikation der Intermediärknorpel charakterisiert. Das für das Längenwachstum der Knochen bestimmte Knorpelgewebe vollzieht nicht den normalen Verknöcherungsprozeß; es bewahrt seine Struktur und persistiert in Form von mehr oder weniger regelmäßigen Knorpelmassen, die oft sehr lange Zeit zur Umwandlung in Knochengewebe brauchen. Diese abnormal bestehenbleibenden Knorpelmassen sind subperiostal oder intermedullar, also oberflächlich oder tief gelegen. Sie werden sehr deutlich in den Fingergelenken oder besonders in der Handwurzel beobachtet. Sie nehmen dabei gewöhnlich einen Teil der Phalange, in manchen Fällen aber die ganze Dicke, ein. Man könnte von kleinen disseminierten Chondromen in den Phalangen sprechen.“

„Gleichzeitig trifft man in den langen Röhrenknochen in der Gegend der Epiphysenknorpel osteo-kartilaginäre Tumoren, die den unter dem Namen der osteogenen Exostosen beschriebenen ähnlich sind. Meist sind diese Tumoren auf der Oberfläche der Knochen aufgesetzt, manchmal findet man sie im axialen Teile des Knochens gelegen. Sie formen die juxta-epiphysären Knochenteile in transparente (d. h. Röntgenstrahlen leichter durchlassende), aufgetriebene, voluminöse Massen um. Dabei ist die Epiphyse mehr weniger knorpelig geblieben und zeigt weniger Knochensubstanz als eine normale Epiphyse desselben Lebensalters. Die Dyschondroplasie hat also ihren Sitz an beiden Seiten des Intermediärknorpels. Gleichzeitig mit dieser Unregelmäßigkeit in der Entwickelung der Knorpelzellen und der dadurch bedingten Verzögerung der Ossifikation krümmen sich die Diaphysen, und die Epiphysen deformieren. Je nachdem nun die Ossifikation in der intermediär-epiphysären Knorpelmasse fortschreitet und eine Abgrenzung der Gelenkknorpel stattfindet, so sieht man, wie auch letzterer Knorpel deformiert, in verschiedenen Richtungen umgeknickt und gebogen wird. Aus diesen Unregelmäßigkeiten in der Entwickelung des Intermediärknorpels resultieren Wachstumshemmungen und Deformationen (Krümmungen und Torsionen) in den auf diese Weise angegriffenen Teilen des Skeletts. Die Höhe des Individuums wird mehr oder weniger vermindert. An Händen und Füßen findet man verkürzte, stämmige Phalangen und verkürzte Finger. Auch die Konsistenz der Finger verändert sich.

Die Röntgenbilder zeigen das charakteristische Aussehen der Phalangen. Ihre Konturen sind nur wenig deformiert, die extremen Fälle ausgenommen; doch sind sie weniger regelmäßig als in normalen Fällen. Das Knochengewebe ist auf der Höhe der kleinen Knorpelpartien teils von zentralen, teils von marginalen, weißen Aufhellungen durchsetzt. Stellenweise sind die Knochen wie perforiert. Die Weißheit der Aufhellungen zeigt, daß die Knorpelmasse die Phalangen durch die ganze Breite aufnehmen. Die Aufhellungen sind grau, wenn die Knorpelmasse nur einen Teil des Knochens einnimmt.

Es ist mir nur durch die Röntgenuntersuchung möglich gewesen, die Affektion der Finger zu entdecken und die Natur derselben festzustellen. In den letzten drei Jahren, die nach meiner ersten Beobachtung verflossen sind, habe ich zwei Fälle untersucht. Hierzu sei noch derjenige beigefügt, welcher von Nové-Josserand und Destot in der Société de Chirurgie de Lyon demonstriert wurde.

Ich bin darum noch nicht imstande, eine erschöpfende Darstellung der Dyschondroplasie zu geben, da ich die pathologische Anatomie derselben nicht kenne, doch glaube ich, daß über die kartilaginäre Natur der Läsionen kein Zweifel bestehen kann.

Unabhängig von dem im Röntgenbilde enthaltenen Befund der weißen Aufhellungen läßt sich konstatieren, daß man sie wie echte Chondrome mit einer Nadel durchstechen kann."

Da der erste Olliersche Fall dem unsrigen ganz ähnlich ist, werde ich die Krankengeschichte kurz wiedergeben. „Gesunde Eltern. Von den drei anderen Geschwistern hatte die älteste Schwester eine Verkürzung des rechten Beins von 1 cm. Die Patientin soll immer gesund gewesen sein, einen Anfall von Röteln und Varizellen ausgenommen. Ist an der Mutterbrust genährt, begann vor dem 18. Monate zu gehen. Erst im fünften Lebensjahre trat ein leichtes Hinken am rechten Bein auf. Verkürzung: 2—3 cm. Fünf Jahre später beträgt die Verkürzung des rechten Beins 8 cm, diejenige des rechten Arms $6^1/_2$ cm. Knochendeformität des rechten Humerus, der Ulna, Caput fibulae, Genu varum; Krümmung des unteren Femurendes. Leichte Fazialisasymmetrie, Aufhellungen in den Phalangen der rechten und linken Hand."

Der zweite Fall Olliers, sowie der Fall von Nové-Josserand und Destot sind auch ausgesprochen halbseitig (rechts), was die langen Röhrenknochen anbelangt; einzelne Hand- und Fußknochen der sonst gesunden Seite sind affiziert.

Im Jahre 1906 veröffentlichte Wittek diese Fälle und teilte gleichzeitig einen Fall (♂ $15^1/_2$ Jahr alt) mit, den er selbst mehrere Jahre hindurch beobachtet hatte. Abgesehen davon, daß einige der Knochen der Hand und des Fußes an der rechten Seite Geschwulstbildung aufwiesen, war die Affektion vollständig halbseitig mit ziemlich großen Tumoren überall, wo Intermediärknorpel vorhanden war, besonders was die langen Röhrenknochen betraf. Mit den Tumoren ging eine beträchtliche Wachstumsstörung einher. $2^1/_2$ Jahr nach der ersten Untersuchung fand sich keiner der langen Röhrenknochen an der rechten Seite betroffen. Nur wenige der linksseitigen Geschwülste waren gewachsen.

Wittek suppliert das Olliersche Krankheitsbild u. a. mit folgenden Bemerkungen:

„Es gibt eine kongenitale, in primären Störungen des fötalen Wachstums begründete Erkrankung der Intermediärknorpel, die wenigstens, was die langen Röhrenknochen anbelangt, streng halbseitig entsteht. Die ersten Krankheitserscheinungen treten in früher Kindheit in Form von Verkürzung der betroffenen Extremitäten zutage und gleichzeitiger Entwickelung von Tumoren aus den Epiphysenknorpeln der langen Röhrenknochen. Die Tumoren sind trotz Mangel histologischer Untersuchung als kartilaginöse i. e. als Chondrome aufzufassen.

An den distalen Partien der Extremitäten verläßt der Prozeß die Halbseitigkeit, ändert aber gleichzeitig seine Erscheinungsform, indem er dort nicht nur direkt aus dem Epiphysenknorpel, sondern auch aus von ihm abgesprengten Knorpelinseln seinen Ausgang nimmt. Der Prozeß scheint während der ganzen Wachstumsperiode ein gutartiger zu sein. Einzelne Tumoren zeigen Tendenz zu Progredienz. Die Erkrankung selbst gibt in allen ihren Erscheinungen einen eigenen charakteristischen Symptomenkomplex, einen Typus, der unter den multiplen chondromatösen Affektionen eine Sonderstellung einnimmt."

Wittek schlägt vor, die Erkrankung mit dem Namen: „Olliers Wachstumsstörung" zu bezeichnen, da ihm die von Ollier selbst benutzte Bezeichnung: „Dyschondroplasie" nicht zweckmäßig scheint (besonders mit Hinblick auf die vielen Namen der Chondrodystrophia foetalis, z. B. Achondrodysplasie).

Im Jahre 1911 kritisiert Frangenheim (Chondromatose des Skeletts) sowohl Olliers als auch Witteks Fälle und Definitionen.

Trotz der fehlenden histologischen Untersuchungen unterliegt es — seiner Ansicht nach — keinem Zweifel, daß in diesen Fällen von multipler Chondromatose oder Enchondromen des Knochensystems die Rede sei.

Steudels Fall von 1892 und Nassés von 1893 (der mit dem von Frangenheim mitgeteilten identisch ist) gehören demselben Typus wie der Olliersche Fall von 1899 an. Frangenheim meint, daß nach langer Observation neue Skeletteile von der Affektion betroffen werden, und daß die Eigenschaften der Geschwülste (Wachstumsstörungen) sehr genau bekannt sind. Er ist deshalb der Ansicht, daß es keine Olliersche Wachstumsstörung gibt: „Erst dann würde ich allenfalls glauben, daß Wittek uns mit einem neuen Krankheitsbild bekannt gemacht hat, wenn ein Fall bekannt würde, bei dem die Halbseitigkeit der Erkrankung ohne Ausnahme bestände, und auch während durch Dezennien sich hinziehender Beobachtung gewahrt bliebe."

Wie Frangenheim bin ich auch der Meinung, daß man berechtigt ist, ohne pathologisch-anatomische Untersuchungen Olliers und Witteks Fälle als multiple Knochenchondrome anzusehen; wenn aber Frangenheim behauptet, daß Wittek nicht berechtigt sei, die Bezeichnung „Olliers Wachstumsstörung" für diese Gruppe innerhalb der Chondrome anzuwenden, so kann ich ihm nicht recht geben. Wittek hat doch selbst — wie übrigens auch Ollier — die Affektion unter die Chondrome gerechnet, und wenn er sie eine Sonderstellung einnehmen läßt, dann motiviert er dies mit der ausgeprägten Halbseitigkeit der Affektion — was die langen Röhrenknochen betrifft. Frangenheim fordert einen ausschließlich halbseitigen Fall, und es zeigt sich ja nun eben, daß wir hier einen Fall haben, in welchem in erster Linie die Richtigkeit der Diagnose: multiple Knochenchondrome über jeden

Zweifel erhaben ist (vgl. Krankengeschichte, Röntgenbild), wo aber ferner eine absolut halbseitige Affektion des Knochensystems vorhanden ist.

Keine Knochen der rechten Skeletthälfte bieten Zeichen von Geschwulstbildung oder Wachstumsverzögerung dar, nicht einmal die Knochen der Hand. Der Fall wird ferner dadurch charakterisiert, daß Skapula, linkes Os ilium und mehrere Costae Chondrombildung und Wachstumsstörung aufweisen, und schließlich ist die linke Gesichtshälfte weniger entwickelt als die rechte.

Die zweite Forderung Frangenheims — die lange Beobachtungszeit — kann allerdings nicht erfüllt werden, da das Kind nur 6 Jahre alt ist, und die Beobachtung erst einige Monate gedauert hat (im Röntgenbilde 4 Monate nach der ersten Aufnahme wurde keine sichtbare Vermehrung des Knochenprozesses und keine neuen Foci nachgewiesen). Aber ist denn diese Forderung auch berechtigt?

Es liegt noch — soweit ich es zu untersuchen vermocht habe — kein Beweis vor, daß Knochen (bei Individuen mit multiplen Knochenchondromen), die bei Röntgenuntersuchung völlig normale Verhältnisse dargeboten haben, später beginnende oder ausgesprochene Tumorbildung aufgewiesen haben. Es lassen sich sogar Beispiele anführen (Burchard, Schweinburg), daß längere Beobachtung keine neu affizierten Knochen zeigte.

Daß sowohl Ollier als auch Wittek den Mangel an pathologisch-anatomischer Untersuchung ihrer Fälle bedauern, ist allerdings berechtigt, andererseits war aber der Bau der Chondrome sowohl in makro- als auch in mikroskopischer Beziehung schon seit mehreren Jahren bekannt; die früher untersuchten Geschwülste waren aber immer größere Tumoren, und Olliers Fälle sind eben zu einem Zeitpunkt beschrieben worden, wo von keinem operativen Eingriff die Rede gewesen war, und wo die Diagnose mittels Röntgenuntersuchung gestellt wurde.

Olliers Verdienst scheint mir darauf zu beruhen, daß er ein charakteristisches Krankheitsbild innerhalb der multiplen Knochenchondrome beschrieben hat, und daß er der erste Forscher ist, der eine vorzügliche und detaillierte Darstellung von dem Röntgenbilde der Affektion gegeben hat. Ich halte es darum für berechtigt, den Namen Olliers dieser besonderen Chondromgruppe dadurch anzuknüpfen, daß man die von Wittek vorgeschlagene Bezeichnung: „Olliersche Wachstumsstörung" bewahrt.

Der vorliegende Fall gehört entschieden den multiplen Knochenchondromen an, und was die Pathogenese, Ätiologie und Prognose derselben betrifft, herrscht noch immer Divergenz und Unklarheit.

Die multiplen Knochenchondrome entstehen vorwiegend bei jüngeren Individuen (meist männlichen), welche übrigens gesund und in der Regel normal begabt sind.

Mitunter soll eine erbliche Disposition vorhanden gewesen sein (M. B. Schmidt, Steudel, C. O. Weber), in den meisten Fällen kommt aber Heredität nicht als Faktor vor. Kongenitale Chondrome sind ein paarmal beobachtet worden (Ruysch, Murchison, Syme), in der Regel werden aber die Geschwülste erst im dritten bis sechsten Lebensjahre beobachtet. Die Ätiologie betreffend gibt es zahlreiche Hypothesen, von denen Virchows, M. B. Schmidts und v. Recklinghausens die richtigsten sind.

Virchow meint, daß die Erkrankung vielleicht auf Basis einer Rachitis entstehen kann. Beim Ausheilen der Rachitis sollten dann wegen der gestörten Ossifikation isolierte Knorpelinseln in den betreffenden Knochenpartien hinterlassen werden, und dieselben sollten sich später wegen des einen oder des anderen Umstandes (z. B. wegen Traumen) als Geschwülste entwickeln.

Diese Theorie wird sicher von den meisten verlassen sein, und zwar u. a., weil in zahlreichen Fällen keine Rachitis vorhanden gewesen ist.

M. B. Schmidt meint, daß die Entstehung des Chondroms von der frühesten Periode der Umwandlung des knorpeligen Skeletts in Knochengewebe herrühren könnte.

Schließlich ist die von v. Recklinghausen aufgestellte Hypothese, daß man den Ursprung der Affektion in einer Störung der fötalen Knorpelanlage suchen kann, und als Beweis führt er an, erstens, daß die Geschwülste hyaline Knorpelmasse (embryonales Knorpelgewebe) enthalten, und zweitens, daß in den neuen Geweben — trotz des Alters des Patienten — keine wirkliche Ossifikation stattfindet. Der Ossifikationsstörung liegt vielleicht eine mangelhafte Vaskularisation der Knorpel wegen Karaplasie zugrunde.

Die v. Recklinghausensche Theorie scheint im Augenblicke die größte Anhängerschar zu haben.

Frangenheim kann der Anschauung, daß alle Chondrome im Fötalleben angelegt werden, nicht beitreten. Er meint, daß viele Jahre später mehrere der knorpelpräformierten Knochen affiziert werden können. Virchows Theorie kann er nicht anerkennen.

In einzelnen Fällen scheint ein Trauma für die Entstehung der Chondrome eine gewisse Rolle gespielt zu haben (Boinet, Anschütz), und hier muß das Trauma entschieden die gelegentliche Ursache gewesen sein, die einen bisher nicht beobachteten Tumor zum Wachstum gebracht hat.

Ritters Theorie von einer Affektion der Gl. thyreoidea wird von keinem beigetreten. Daß weit die meisten Chondrome erst in dem dritten bis sechsten Lebensjahre zu wachsen anfangen, wird sicher dadurch bedingt, daß eben in dieser Lebensperiode ein vermehrtes Wachstum in den spongiösen Teilen der langen Röhrenknochen, sowie in den Knochen der Hände und Füße stattfindet.

Über die Gründe der Halbseitigkeit der Chondrome lassen sich bis jetzt nur Hypothesen aufstellen.

Die Chondrome sind (nach Virchow) in drei Gruppen einzuteilen, und zwar die Enchondrome (Geschwülste, die an Stellen, wo normal kein Knorpel [traumatischer Knorpel] vorhanden ist, entstehen), die Ekchondrome (Geschwülste, von dem normalen Knochengewebe ausgehend), und die Ekchondrosen, welche normal als eine Hyperplasie, als eine Übergangsform zu den echten Tumoren aufzufassen sind. Die Enchondrome können sowohl peripher als auch zentral auftreten. Sie kommen teils an den kurzen Knochen, bes. den Phalangen, vor, wo sie einzelweise oder am häufigsten multipel (Matsuoka) vorgefunden werden, teils gehen sie von den Metaphysen der langen Röhrenknochen aus. Sehr oft finden sich Wachstumsstörungen mit Krümmungen und Verkürzungen der betroffenen Knochen (von Haber, Kienböck) gleichzeitig mit der Chondrombildung, wie z. B. bei den multiplen kartilaginären Exostosen (Müller, Kienböck, Gottschalk), und diese Exostosen gehen oft mit den Enchondromen einher (Virchow, v. Recklinghausen, Kienböck).

Die Chondrome kommen in einigen Fällen in einem einzelnen Knochen vor, und dieser Knochen bietet dann in der Regel Wachstumsstörungen dar, am häufigsten sind aber mehrere Knochen von der Affektion betroffen.

Die Chondrome können von verschiedenem Bau sein: homogen, Zysten enthaltend, gelappte Tumoren, die durch bindegewebige Septen in zahlreiche kleine Abschnitte geteilt sind. Ihre Konsistenz ist fest, d. h. wenn die Geschwulstelemente nicht in Zerfall begriffen sind.

Die Tumoren sind von verschiedenem: hyalinem, fadenförmigem, netz-schleimigem Knorpelgewebe aufgebaut. Die aus hyalinem Knorpel bestehenden Tumoren sind opaleszierend. Die verkalkten Partien sind gelblich-weiß; wenn schleimige Zerfallselemente vorhanden sind, ist das Gewebe gallertartig. Mitunter können die Geschwülste in verschiedenem Umfang knochenhart sein.

Die mikroskopische Untersuchung der Chondrome zeigt, daß sie in Bau von normalem Knorpel abweichen. Große Inseln von hyalinem Knorpelgewebe sind durch gefäßführende Bindegewebezüge von wechselnder Breite voneinander getrennt Die Zellen sind groß, enthalten viele Kerne, die unregelmäßig verteilt und von verschiedener Form sind (rund, oval, stern-spindelförmig). Oft fehlt die Kapsel, und in den äußeren Partien finden sich oft unregelmäßige Vakuolen.

Über die Prognose der Enchondrome herrschen sehr verschiedene Anschauungen. Einige Verfasser sehen die Prognose als ernsthaft an, weil maligne Degeneration in den Tumoren entstehen könne (Frangenheim, Nassé, v. Recklinghausen), und andere sind der Meinung, daß das Wachstum der Enchondrome nicht beim Schluß der Wachstumsperiode aufhört, sondern sich durch mehrere Jahre immer fortsetzt (Frangenheim).

Daß maligne Fälle beobachtet werden können, ist außer Zweifel, in der Mehrzahl der Fälle hat aber die Affektion einen benignen Verlauf (Tscherning, Wittek). Was das Wachstum der Geschwülste betrifft, so geben auch die meisten Verfasser an, daß dasselbe — wie bei den kartilaginären Exostosen — beim Schluß der Wachstumsperiode des Individuums aufhört (Kienböck, Schweinburg, Boinet).

Die Behandlung ist in der Regel eine exspektative, und operative Eingriffe (Amputation, Ausschabung) werden vorgenommen, wenn der Tumor wächst, und besonders wenn derselbe dem Patienten lästig wird.

In einzelnen Fällen ist eine Thyreoidinbehandlung versucht worden (Olliers 2. Fall), jedoch ohne Erfolg.

Die kleine Patientin des vorliegenden Falles ist hier im Spitale mit Massage behandelt worden, und man hat ihr einen Stiefel mit hoher Hacke gegeben, damit sie nicht länger hinken sollte. Sie ist jetzt nach Hause geschickt worden und den Eltern ist aufgetragen worden, später wiederzukommen, besonders falls die Geschwülste eine Tendenz zu Wachstum verraten oder die Patientin zu genieren anfangen sollten.

Wenn man also Gelegenheit bekommen wird, das Kind auch in der Zukunft zu beobachten, wird es hoffentlich möglich sein — da Röntgenbilder des ganzen Skeletts vorliegen — zu entscheiden, inwieweit ihre Affektion noch immer halbseitig bleibt.

Ehe ich meine Mitteilung beendige, möchte ich auch an dieser Stelle meinem früheren Chef, Herrn Chefarzt Dr. Bloch, nicht nur für die freundliche Anregung zur Bearbeitung dieses Falles, — sondern auch für das lebhafte Interesse, mit dem er meiner Arbeit gefolgt ist — meinen herzlichsten Dank aussprechen.

Literatur-Verzeichnis.

1. Virchow, R.: Die krankhaften Geschwülste. Bd. I, 1863.
2. Virchow, R.: Zur Pathogenese der Enchondrome. Berl. klin. Wochenschrift, Bd. 94, 1864.
3. Weber, O.: Zur Geschichte des Enchondroms. Virchows Archiv, Bd. XXXV, 1866.
4. Nehrkorn: Multiple Enchondrome der Knochen. Beitr. zur klin Chirurgie, Bd. XXII.
5. Tscherning, E. A.: Om Svulsterne i Extremiteternes Knogler og deres chirurgiske Behandling. 1885.
6. Kast und v. Recklinghausen: Ein Fall von Enchondrom mit ungewöhnlicher Multiplikation. Virchows Archiv, Bd. CXVIII, 1889.
7. Molin, H.: La Dyschondroplasie. 1900.
8. Schmidt, M. B.: Pathologie des Knochensystems, Enchondrom und Osteom. Lubarsch: Ergebnisse der allg. Pathologie u. pathol. Anatomie, S. 289, 1902.
9. Kienböck, R.: Zur radiographischen Anatomie und Klinik der chondralen Dysplasie der Knochen mit multiplen kartilaginären Exostosen. Wiener med. Wochenschrift, 53 Jahrg., 1903, 47—52.
10. Boinet, M. E.: Enchondrome rachitiforme. Archive générale de medic, Nr. 43, 1904.
11. Sonnenberg: Beiträge zur Kenntnis der Ostitis deformans. Fortschritte aus dem Gebiete der Röntgenstrahlen, Bd. IX.
12. Wittek, A.: Die Olliersche Wachstumstörung. Bibliotheca medica, E. H. 7, 1905.
13. Leder, E.: Allgemeine Chirurgie, Bd. II, S. 252, 1906.
14. Gaugele: Über Ostitis fibrosa (v. Recklinghausen). Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen, Bd. IX, 1906.
15. Schweinburg, E.: Zur Kenntnis der multiplen zentralen Enchondrome. Wiener klin. Wochenschrift, 13, 1907.
16. Anschütz: Multiple Enchondrome. Münch. med. Wochenschrift, 1908.
17. v. Haberer, H.: Ein Fall von multiplen Enchondromen und Exostosen. Archiv f. klin. Chirurgie, Bd. 89, H. 3, 1909.

18. Gottschalk, E.: Multiple kartilaginäre Exostose, Rachitis und rarefizierende Ostitis. Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen, H. 3, Bd. XIII.
19. Matsuoka, M.: Multiple Enchondrome der Knochen. Zeitschrift f. orthopäd. Chirurgie, Bd. 27, 1910.
20. Kienböck, R.: Das Ellbogengelenk bei chondraler Dysplasie des Skeletts mit multiplen Exostosen. Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen, H. 2, Bd. XV.
21. Frangenheim, P.: Chondromatose des Skeletts. Beiträge zur klinischen Chirurgie, Bd. 73, 1911.
22. Kuh: Chondrodysplasie im Röntgenbilde. Deutsche med. Wochenschrift, 1911.
23. Frangenheim, P.: Die angeborenen Systemerkrankungen des Skeletts. Ergebnisse der Chirurgie und Orthopädie, Bd. IV, 1912.
24. Burchard, A.: Zur Diagnose der chondromatösen, fibrösen und zystischen Degeneration der Knochen. Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen, H. 2, Bd. XIX, 1912.
25. Burchard, A.: Über multiple Enchondrome in den langen Röhrenknochen von Kindern. Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen, Bd. XIX, 1913.
26. Merkel, H.: Die Geschwülste im Kindesalter. M. Brüning, E. Schwalbe: Handbuch der allgemeinen Pathologie und der pathol. Anatomie des Kindesalters, Bd. I, S. 366, 1913.
27. Müller, E: Über hereditäre multiple, kartilaginäre Exostosen und Ekchondrosen. Zieglers Beiträge zur allg. Pathol. und path. Anatomie, Bd. 57, 2. Novbr. 1913.

Experimentelle Versuche zur Erweiterung des Müllerschen Verfahrens zur Fremdkörperlokalisation.

Von

Dr. G. Panconcelli-Calzia,

Leiter des Phonetischen Laboratoriums des Seminars für Kolonialsprachen zu Hamburg.

Unter den mir bekannten verschiedenen Verfahren und deren zahlreichen Abarten zur Lokalisation von Fremdkörpern mittels der Röntgenstrahlen[1]) empfiehlt sich das 1909 von Müller (Münch. med. Woch., 1909, Nr. 32, S. 1645—1646, 4 Fig.) vorgeschlagene und 1915 von Christen (Münch. med. Woch., 1915, Nr. 44, S. 1519—1520, 3 Fig.) der Vergessenheit[2]) entrissene Verfahren zur Feststellung der Tiefenlage eines Fremdkörpers vor allen anderen durch seine Einfachheit und Schnelligkeit.

Die Methode von Müller besteht in der synchronischen Belichtung von zwei Platten, die in einem Abstand von 7—10 cm parallel übereinander liegen; die eine befindet sich auf dem Boden, die andere auf dem Deckel eines Kästchens, das als Kassette dient. Der zu untersuchende Körperteil kommt auf die obere Platte zu liegen. Nach der ersten Aufnahme wird die Röhre nach der Seite verschoben und die zweite Aufnahme findet statt. Durch die Formel[3])

$$x = \frac{b\,c}{a-b}$$

stellt man ohne vorherige Messung der Fokaldistanz oder der Röhrenverschiebung die gesuchte Entfernung des Fremdkörpers von der oberen Platte fest.

---

[1]) Von bibliographischen Angaben habe ich absichtlich abgesehen. Sie hätten viel Raum in Anspruch genommen (meine Kartothek weist hierüber ca. 100 Titel auf) und weder dem Gegenstand noch dem Leser genützt.

[2]) Die Methode von Müller ist in der mir bekannten Literatur nur von zwei Autoren erwähnt:
Sorge: Fremdkörperlokalisation vermittelst Röntgenstrahlen. Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstrahlen, 1913, XX, 555—573, 8 Fig.
Salzer: Zur Lokalisation von Fremdkörpern im Auge und Orbita mit Röntgenstrahlen. Münch med. Woch., 1915, Nr. 50, 1719—1720.

[3]) wobei a = Entfernung zweier gleicher Punkte auf der unteren Platte;
b = dasselbe wie bei a, aber auf der oberen Platte;
c = Plattendistanz;
x = gesuchte Entfernung des Fremdkörpers von der oberen Platte.

Christen hat diese Methode dadurch vereinfacht, daß er einen festen Abstand von 8 cm zwischen den zwei Platten wählt und außerdem einen zweiten festen Abstand von 1 cm zwischen der oberen Platte und der Oberfläche der Kassette nimmt. Er ermöglicht so eine raschere Feststellung der gesuchten Unbekannten auf rein graphischem Wege.

Bei experimentellen Versuchen hat sich die Möglichkeit herausgestellt, aus den nach dem Müllerschen Verfahren gewonnenen Radiographien Antwort auf weitere wichtige Fragen zu erhalten.

Ich gebe nachstehend die Resultate meiner Untersuchungen wieder, ohne die mathematische Theorie zu erwähnen.

1. Wie groß ist der Neigungswinkel der Hauptachse des Fremdkörpers gegen die Platte?

Wenn die Hauptachsen der Fremdkörperschatten auf der Platte parallel zueinander sind, so liegt der Fremdkörper mit einer Neigung von 0° zur Platte.

Sind die Extreme der Hauptachsen der Schatten mehr oder weniger konvergierend, so liegt der Fremdkörper mit einer größeren oder geringeren Neigung ($> 0°, < 90°$) zur Platte.

Für im stereometrischen Sinne kugelförmige Fremdkörper ist die Bestimmung unnötig, da eine Kugel nach allen Richtungen hin dieselbe Neigung hat.

2. Welches Endstück des Fremdkörpers liegt der Platte am nächsten?

Die konvergierenden Enden der Hauptachsen der Fremdkörperschatten stellen das Endstück des Fremdkörpers dar, welches der Platte am nächsten liegt.

3. Welches Bild auf der Platte stellt die senkrechte Projektion des Fremdkörpers auf die Platte dar?

Man legt die Glasseite der oberen Platte auf die Schichtseite der unteren Platte, bezeichnet zwei (eventl. mehrere) homologe, besonders geeignete Punkte, von je einem unteren und oberen Bilde und verbindet sie durch Gerade, zwischen deren Schnittpunkten sich dann die senkrechte Projektion des Fremdkörpers von selbst ergibt.

4. Welches sind die Maße des Fremdkörpers?

Beträgt die Neigung 0° (vgl. Par. 1), so entsprechen die Entfernungen zwischen den Schnittpunkten, wodurch sich die senkrechte Projektion ergibt (vgl. Par. 3) ohne weiteres der Länge oder dem Durchmesser des Fremdkörpers.

Beträgt die Neigung $> 0°, < 90°$, so entsprechen die vorhin erwähnten Entfernungen zwischen den Schnittpunkten nicht mehr der wahren, sondern nur der Länge der Projektion.

5. Welches ist auf der Haut der Punkt, der einem bestimmten Punkt des Fremdkörpers entspricht?

Man merkt sich auf der Haut mittels einer Durchleuchtung die Lage des Fremdkörpers.

Indem der betreffende Körperteil auf der Kassette liegt, legt man auf die Haut dem Fremdkörper hinreichend nah irgendeine gefärbte Marke (am besten ein ca. 20 mm langes und 4 mm breites Metallplättchen mit einem spitzen und einem stumpfen Ende), die sich auf der Haut dauernd und scharf abklatscht.

Man radiographiert und verfährt dann wie bei Par. 3 für den Fremdkörper **und** die Marke.

Die Länge der Marke ist auf der Haut genau angegeben und dient uns jetzt als Stützpunkt für unsere Übertragungen. Man stellt auf der Platte die Entfernung eines Punktes des Fremdkörperschattens von einem der Endpunkte der Marke fest, überträgt sie auf die Haut und beschreibt einen Kreisbogen. Man überträgt nun auf die Haut die Entfernung desselben obigen Punktes des Fremdkörpers von dem anderen Endpunkte der Marke. Der Schnittpunkt dieser Maße befindet sich senkrecht über dem betreffenden Punkt des Fremdkörpers. Diese Bestimmung wird um so genauer sein, je hinreichender gerade die Oberfläche des Körperteils ist.

6. Wie muß man vordringen, um den Fremdkörper zu erreichen?

Auf Grund der Radiographie des Fremdkörpers und der Hautmarke (vgl. Par. 5) stellt man nach der Formel von Müller oder nach den graphischen Formularen von Christen die Entfernung zwischen Platte und Fremdkörper, bzw. Hautmarke fest. Die Differenz dieser Resultate gibt die Entfernung von der Marke, also von der Haut an.

Zusammenfassung.

Mit nur zwei Aufnahmen auf zwei in einem bekannten Abstand parallel liegende Platten und mit völliger Vernachlässigung der lotrechten Lage der Röhre, der Entfernung des Brennpunktes von der Platte und der Röhrenverschiebung war es möglich nach Müller die Frage zu beantworten:

Wie groß ist die Entfernung eines Fremdkörpers von der Platte?

Der Vorschlag von Christen, den Abstand zwischen den Platten auf 8 cm festzusetzen und einen zweiten festen Abstand von 1 cm zwischen der oberen Platte und der Oberfläche der Kassette hat das Müllersche Verfahren praktischer gestaltet, weil dadurch ein rascheres Finden der Tiefenlage auf von Christen angefertigten Formularen ermöglicht wird.

Nach meinen experimentellen Versuchen ist es möglich, das Müllersche Verfahren zu erweitern[1]). Ohne irgendwelche Berechnung erhält man Antwort auf noch folgende Fragen:

1. Wie groß ist der Neigungswinkel der Hauptachse des Fremdkörpers gegen die Platte?
2. Welches Endstück des Fremdkörpers liegt der Platte am nächsten?
3. Welches Bild auf der Platte stellt die senkrechte Projektion des Fremdkörpers auf die Platte dar?
4. Welches sind die Maße des Fremdkörpers?
5. Welches ist auf der Haut der Punkt, der einem bestimmten Punkt des Fremdkörpers entspricht?
6. Wie tief muß man vordringen, um den Fremdkörper zu erreichen?

Trägt man Bedenken gegen die Anwendung einer 9 cm hohen Kassette, so kann man sie um 2 und sogar um 3 cm niedriger machen. Mathematische Berechnungen zeigen, daß dies ohne Bedenken geschehen kann. In diesem Falle muß man auch die graphischen Formulare dementsprechend ändern.

Zur Kritik der Lokalisationsmethodik.

Von

Dr. **Robert Fürstenau**, Berlin.

I.

Seit Kriegsbeginn hat man sich in ganz besonders kritischer Weise mit den theoretischen Voraussetzungen und der praktischen Brauchbarkeit der schon bis zu jenem Zeitpunkt so zahlreichen Lokalisationsmethoden beschäftigt, und darüber hinaus ihre Zahl um ein Beträchtliches vermehrt. Wenn ich die große Zahl der seit über $1^1/_2$ Jahren allwöchentlich erscheinenden Arbeiten über dieses Thema überblicke, so fällt mir auf, daß fast jede von ihnen das von mir angegebene Tiefenmesser-Verfahren zum Gegenstand einer kritischen Bemerkung in günstigem oder ungünstigem Sinne macht, gewöhnlich auch die Beschreibung eines soeben erfundenen neuen Verfahrens daran anknüpft, während die sonstigen Methoden seltener und vereinzelter behandelt werden. Wenn man ferner von den Berichten über die mit dem Tiefenmesser erzielten praktischen Erfahrungen und die dabei erhaltenen zuverlässigen und sicheren Resultate, wie sie von Albers-

[1]) Besprechungen, die ich mit Herrn Prof. Dr. Bock während der Abfassung dieses Aufsatzes hatte, waren für mich sehr anregend; ihm, sowie Herrn Gutermann, der alle zur Lösung der Frage nötigen Berechnungen ausgeführt hat, sei mein wärmster Dank ausgesprochen.

Schönberg, Weski, Graeßner, Seubert, Flesch usw. veröffentlicht wurden, absieht und nur die um vieles größere Anzahl von theoretischen Erörterungen über die Fehlermöglichkeiten der Methode ins Auge faßt, so muß man bei dem sich daraus ergebenden Umfang des Schuldkontos sich darüber wundern, wie es bei dieser vermeintlichen Unzahl von Fehlerquellen möglich ist, daß Tausende und Abertausende von Fällen leichter bis zu schwierigster Natur im täglichen praktischen Betriebe mit dem Tiefenmesser schnell und sicher haben lokalisiert werden können, und warum der Tiefenmesser eine, dann doch ungerechtfertigte, derart große Verbreitung erlangt hat. Bei der schon erwähnten übergroßen Zahl der kritischen Bemerkungen zum Tiefenmesser-Verfahren, die in den seither erschienenen Arbeiten enthalten waren, habe ich geglaubt, es unterlassen zu können, jede einzelne derselben durch Richtigstellung der darin enthaltenen irrtümlichen Voraussetzungen zu beantworten, und ich habe mich darauf beschränkt, nur einigen ganz krassen Unrichtigkeiten, hauptsächlich in den sich mit der Lokalisation befassenden Arbeiten von Salow, entgegenzutreten. Auch durch das Nachfolgende beabsichtige ich keine Diskussion über den Wert oder Unwert der einzelnen Methoden zu entfesseln; jedoch scheint mir der Zeitpunkt dafür gekommen zu sein, einmal darzutun, was uns die durch den Krieg bedingte praktische Lokalisationserfahrung Neues gebracht hat, und was sie uns Neues hat bringen können. Diese Feststellung erscheint mir um so mehr wünschenswert, als immer wieder viel Mühe und Arbeit darauf vergeudet wird von Autoren, denen offensichtlich das Gebiet fremd ist oder wenigstens fremd war, längst bekannte Dinge und sogar die grundlegenden mathematischen Voraussetzungen aller Lokalisationstechnik stets wieder von neuem „aufzufinden“. Ich beschränke mich dabei auf die Behandlung der röntgenographischen Lokalisation, da nur diese — bei aller Anerkennung des häufigen Nutzens auch röntgenoskopischer Untersuchung — eine absolut universelle Anwendungsmöglichkeit bietet. Am klarsten erkennt man den früheren Stand der Dinge und den inzwischen erfolgten Fortschritt, wenn man nacheinander die drei Phasen betrachtet, in welche jedes Aufsuchen eines Fremdkörpers bis zur Vornahme seiner operativen Entfernung zerfällt. Es sind dies:

Die zahlenmäßige Lokalisation des Fremdkörpers.

Die Übertragung des zahlenmäßigen Resultats auf den Körper des Patienten.

Die Fixierung des röntgenologischen Lokalisationsbefundes für den Chirurgen.

II.

Die zahlenmäßige Lokalisation des Fremdkörpers.

Zunächst ist zu konstatieren, daß die geometrischen Grundlagen und die sich aus ihnen ergebenden Gleichungen, welche jeder Lokalisation durch Röhrenverschiebung und Doppelaufnahme zugrunde liegen, seit fast zwei Dezennien bekannt sind; die speziellen geometrischen Beziehungen zur Ermittelung der seitlichen Entfernung des Fremdkörpers von einem gewählten Fixpunkt aus, wie sie beim Tiefenmesser verwendet werden, sind von mir vor nun auch fast 10 Jahren entwickelt worden. Diese geometrischen Lokalisationsgrundlagen sind auch in allen Lehrbüchern der Röntgenkunde ausführlich dargestellt. Es kann daher nur mangelnde Sachkunde zugrunde liegen, wenn man bei den unzähligen „neuen“ Vorschlägen zur Verbesserung der Lokalisationsmethodik immer wieder — und das ist typisch — auf die hinlänglich bekannte geometrische Figur der zwei sich im Fremdkörper kreuzenden Strahlen und die sich hieraus ergebenden Proportionalitätsbeziehungen, die immer wieder von neuem abgeleitet werden, stößt. Neue Beziehungen geometrisch-mathematischer Natur sind lediglich von Wachtel durch Einführung und Mitprojizierung seiner Schwebemarke auf die photographische Platte eingeführt worden, — ob mit Vorteil, wird noch erörtert werden müssen.

Prinzipieller Natur ist die Frage, ob diese bekannten geometrischen Grundlagen und die aus ihnen ebenfalls vor 10 Jahren entwickelte Methodik der zahlenmäßigen Lagebestimmung des Fremdkörpers eine vollständige Lagebestimmung des Fremdkörpers im Raume herbeiführen, ob also seine Lage im Raum nach drei Richtungen festgelegt ist. Diese Frage ist im

Anschluß an die Bekanntgabe des Tiefenmesser-Verfahrens in den „Verhandlungen der Deutschen Röntgen-Gesellschaft“ diskutiert worden, und sie ist ohne jede Einschränkung zu bejahen. Denn die Methodik, welche der Tiefenmesser vorschreibt, ergibt als Bestimmungsstücke zwei ihrer Länge nach zahlenmäßig bestimmte Strecken im Raum, von denen die eine die Tiefenlage ist und der z-Koordinate in einem dreiachsigen Koordinatensystem entspricht. Diese Größe liefert also die Lage einer Ebene im Raum, in welcher sich der Fremdkörper befindet und in dieser einen Punkt, von welchem aus die weitere räumliche Lagebestimmung zu erfolgen hat, nämlich die Projektion des Koordinaten-Nullpunktes in der Gestalt des Mittelpunktes des als Fixpunkt auf dem Körper des Patienten angebrachten Bleikreuzes. Die beiden zu einer vollständigen Lokalisation noch fehlenden Bestimmungsstücke kann man entweder in Form rechtwinkliger Koordinaten geben, was für die Anschauung und die praktisch-chirurgische Arbeit unzweckmäßig ist, oder aber in der Form sogenannter Polarkoordinaten, was sich als sehr zweckmäßig erwiesen hat. Die Bestimmung mittels Polarkoordinaten erfolgt in der Weise, daß man vom Nullpunkt (Mittelpunkt des Bleikreuzes) aus gerechnet die Länge derjenigen Strecke in Millimetern angibt, um welche der Fremdkörper von diesem Ausgangspunkt entfernt ist, sowie denjenigen Winkel, welchen diese Strecke (Verbindungslinie zwischen Kreuzmittelpunkt-Projektion und Fremdkörper) mit irgendeiner beliebig gewählten Normalrichtung bildet, und durch die Bestimmung dieser drei Größen, der Tiefenlage, der seitlichen Entfernung und der Winkelgröße, ist die Lage des Fremdkörpers im Raum absolut eindeutig bestimmt. Zur Bestimmung der Winkelgröße gehört, wie gesagt, die Auswahl einer Normalrichtung im Körper oder auf der Körperoberfläche, damit eben die Größe des Winkels in bezug auf diese Normalrichtung in Graden gemessen werden kann. Die Wahl dieser Normalrichtung ist dem persönlichen Belieben vollkommen überlassen. Es wurde früher empfohlen, als Normalrichtung die Richtung der Längsachse des Körpers oder der betreffenden Extremität zu wählen. Weski schlug vor, sich von dieser anatomischen Bestimmung der Normalrichtung frei zu machen und die Richtung durch Auflegen einer vom Bleikreuz ausgehenden Nadel, der sogenannten Orientierungsnadel, festzulegen, was sich als eine sehr zweckmäßige Maßnahme erwiesen hat. Sie ist auch von Wachtel für seine Methodik übernommen worden, indem Wachtel an Stelle der Nadel eine zweite Bleimarke in gewisser Entfernung vom Fixpunkt auf den Körper legt und die von der Verbindungslinie zwischen Fixpunkt und dieser Marke definierte Richtung als Normalrichtung wählt. Ebenso hat er den senkrecht unter dem Röhren-Fokus anzubringenden Fixpunkt (Bleikreuz), sowie überhaupt die Bestimmung der seitlichen Entfernung in Polarkoordinaten durch Winkel und Länge einer Strecke vom Tiefenmesserverfahren übernommen. Seine Ansicht, daß die Tiefenmessermethode früher nur zwei Dimensionen im Raume gemessen habe und der sogenannte Weski-Indikator erst zur Bestimmung der dritten Dimension diene, ist irrtümlich. Der Weski-Indikator dient überhaupt nicht zur Ausführung der zahlenmäßigen Lokalisation, sondern er ist ein Instrument, welches die zahlenmäßigen Lokalisationsresultate auf den Körper des Patienten exakt überträgt. Er wird daher im Abschnitt III näher zu behandeln sein. Ebenso irrtümlich ist die Ansicht Wachtels, daß „der Schwebemarkenlokalisator als erste unter den röntgenographischen Lokalisationsmethoden konsequent die Bestimmung des Punktes auf der Haut, senkrecht unter welchem der Fremdkörper in der von ihr angegebenen Tiefe liegt, herbeigeführt hat“. Abgesehen von anderen Methoden hat speziell das Tiefenmesserverfahren sich niemals etwas anderes zur Aufgabe gemacht, als eben diesen Hautpunkt, senkrecht unter welchem der Fremdkörper liegt, aufzufinden und anzugeben. Überhaupt ist ja das Wachtelsche Verfahren, abgesehen von der mitzuphotographierenden Schwebemarke, in allen Punkten eine getreue Kopie des Tiefenmesserverfahrens, und es wird daher auch dieselben Resultate wie dieses geben, wieder abgesehen von denjenigen Fehlern, welche durch die Einführung der Schwebemarke hineinkommen. Die Schwebemarke soll nämlich den Lokalisierenden unabhängig machen von denjenigen beiden Einstellungsgrößen, welche beim Tiefenmesserverfahren für die Anfertigung der Doppelaufnahme

gewählt worden sind: Röhrenentfernung 60 cm, Röhrenverschiebung $6^1/_2$ cm. Dagegen sind nun zwei sehr ernste Einwände zu machen:

1. Die Lokalisation nach dem Tiefenmesserverfahren ist gar nicht an diese beiden Einstellungsgrößen gebunden; es ist also auch nicht nötig, sie zu beseitigen.
2. Es werden durch die Einführung einer weiteren Bleimarke, der Schwebemarke, und die damit verbundenen weiteren zwei Messungen auf der Platte Fehler in die Lokalisation eingeführt, welche größer sind als diejenigen möglichen Fehler, welche man beseitigen will.

ad. 1. Für die Lokalisation nach dem Tiefenmesserverfahren ist von jeher empfohlen worden, einen Fokalabstand von 60 cm und eine Röhrenverschiebung von $6^1/_2$ cm zu wählen. Es ist aber ebenso von jeher betont worden, daß dies keine Notwendigkeit darstellt, sondern daß man mit jeder anderen Fokalentfernung arbeiten kann. Es ist dies eine Tatsache, die selbst Autoren wie Wachtel und Salow, die sich offenbar sehr eingehend mit dem Lokalisationsproblem befaßt haben, in ihren geometrisch-mathematischen Versuchen entgangen zu sein scheint. Während nämlich die Tiefenlage in einem einfachen Proportionalitätsverhältnis zu der gewählten Fokalentfernung steht, so daß man bei Wahl der halben Fokalentfernung (30 cm) die Werte, welche der Tiefenmesser liefert, mit $^1/_2$ zu multiplizieren hat usf., ist die seitliche Entfernung, so wie der Tiefenmesser sie liefert, ihrem Werte nach vollständig unabhängig von dem gewählten Fokusabstand. Der Beweis hierfür ist leicht zu führen. Wenn man nämlich die seitliche Entfernung, welche der Tiefenmesser bei einer beliebig gewählten Fokalentfernung e mißt, und welche von 60 cm verschieden sein soll, mit S bezeichnet und, unter der Annahme, daß infolge der beliebig gewählten Fokalentfernung die Angaben des Tiefenmessers falsch sind, die richtige seitliche Entfernung mit S_1, so ergeben sich folgende Beziehungen, in welchen a der auf der Platte gemessene Abstand von Kreuzmittelpunkt-Fremdkörpermittelpunkt, x die vom Tiefenmesser fälschlich angezeigte Tiefenlage, x_1 die richtige Tiefenlage und b den auf der Platte gemessenen Abstand zweier homologer Fremdkörperpunkte bedeutet:

$$S = a\left(1 - \frac{x}{60}\right),$$

$$S_1 = a\left(1 - \frac{x_1}{e}\right).$$

In diese beiden Gleichungen sind nachfolgende Werte von x und x_1 einzusetzen:

$$x = \frac{b \cdot 60}{b + 6{,}5},$$

$$x_1 = \frac{b \cdot e}{b + 6{,}5},$$

daraus ergibt sich:

$$S = a\left(1 - \frac{b}{b + 6{,}5}\right)$$

und

$$S_1 = a\left(1 - \frac{b}{b + 6{,}5}\right),$$

d. h.

$$S = S_1, \text{ q. e. d.}$$

Es sind also die Angaben des Tiefenmessers für die seitliche Entfernung absolut unabhängig von der Röhrenentfernung.

Nun könnte man einwenden, daß jedoch die Richtigkeit der Tiefenmesserangabe in bezug auf die Tiefenlage abhängig davon ist, daß man den Fokalabstand zwar beliebig wählt, jedoch seinen Betrag genau kennt, damit man die entsprechende Reduktion der abgelesenen Tiefenlage vornehmen kann. Ebenso könnte man sagen, daß der Betrag der Röhrenverschiebung von $6^1/_2$ cm genau eingehalten werden muß, damit man keine fehlerhaften Resultate erhält, und

dies ist ja auch der Gedankengang, welcher Wachtel veranlaßt hat, die Schwebemarke zur Ausschaltung dieser beiden Messungen und der hierbei etwa unterlaufenden Fehler einzuführen. Wir wollen nun sehen, ob dieser Zweck wirklich erreicht wird. Dazu muß man sich Rechenschaft davon geben, wie groß einerseits die Fehler sind, welche man bei der Messung von Fokalabstand und Röhrenverschiebung machen kann, und wie groß andererseits diejenigen Fehler sind, welche gemacht werden, wenn man an die Stelle der direkten Messung der genannten Entfernung mittels Zentimetermaßes die indirekte auf der Platte an den Schwebemarkenbildern setzt. Bezüglich der Röhrenverschiebung kann man nun von vornherein jeden Fehler dadurch ausschalten, daß man sich einer Stereoröhre bedient, so daß dann nur noch derjenige Fehler übrigbleiben würde, welcher bei der Einstellung des Fokalabstandes entsteht. Dieser Fehler ist, wie oben nachgewiesen, auf die Tiefenmesserangabe für die seitliche Entfernung vollkommen ohne Einfluß; der Wert der Tiefenlage wird jedoch prozentual im gleichen Betrage beeinflußt, welchen der gemachte Fehler besitzt. Nun habe ich noch niemals gesehen, daß es Schwierigkeiten gemacht hat, den Fokalabstand auf eine bestimmte Entfernung, sagen wir 60 cm, einzustellen; jedoch nehmen wir selbst einmal an, daß man sich um ganze 2 cm irrt. Aus diesem Irrtum erwächst für die Bestimmung der Tiefenlage ein Fehler von 3,3 %, d. h. wenn der Fremdkörper in Wirklichkeit 10 cm tief liegt, so erhält man als Messungsresultat nicht 10 cm, sondern 9,7 cm. Da der Fremdkörper aber kein mathematischer Punkt ist, den man zu lokalisieren hat, sondern ein räumlich ausgedehntes Objekt, so spielt ein solcher Fehler praktisch nicht die geringste Rolle. Die Angabe der seitlichen Entfernung, die für die Auffindung des Fremdkörpers von ganz besonders großer Wichtigkeit ist, wird jedoch von ihm, wie gesagt, überhaupt nicht beeinflußt.

Wenn man nun die Verwendung einer Stereoröhre, etwa wegen der Anschaffungskosten ausschließt, so entsteht die weitere Frage, welchen Fehlereinfluß eine ungenaue Röhrenverschiebung hervorruft. Diese Frage ist leicht zu beantworten, wenn man den gemessenen Betrag der Tiefenlage bei sonst unveränderten Verhältnissen als Funktion der Röhrenverschiebung betrachtet. Man erhält dann den Zusammenhang zwischen der fälschlich abgelesenen Tiefenlage x und der richtigen Tiefenlage x_1 aus der Beziehung:

$$x = \frac{b+f}{b+6{,}5} \cdot x_1,$$

worin f den Betrag der fälschlich ausgeführten Röhrenverschiebung, b den auf der Platte gemessenen Abstand zweier homologer Fremdkörperpunkte bedeutet. Man sieht, daß die Größe des entstehenden Fehlers mit der Tiefenlage des Fremdkörpers selbst sich ändert. Für einen Verschiebungsfehler von 1 mm, 3 mm und 5 mm sind in nachfolgender Tabelle die entstehenden Messungsfehler bei drei verschiedenen Werten von b zusammengestellt, und man sieht, daß auch hier wieder nur Fehler von wenigen Prozent möglich sind, die nicht imstande sind, irgendeinen praktischen Einfluß auszuüben:

Tabelle I.

Fehler in Prozenten.

	$f = 6{,}4$	$f = 6{,}2$	$f = 6{,}0$
$b = 1$	1 %	4 %	6,7 %
$b = 3$	1 %	3,2 %	5,3 %
$b = 5$	0,9 %	2,7 %	4,4 %

Noch unwesentlicher sind die Fehlermöglichkeiten, welche man erhält, wenn man die Abhängigkeit der Tiefenmesserangabe für die seitliche Entfernung als Funktion der Röhrenverschiebung berechnet. Durch einige einfache Rechnungen erhält man für diese Abhängig-

keit zwischen der fälschlich vom Tiefenmesser angegebenen seitlichen Entfernung S und der wirklichen seitlichen Entfernung S_1 die Beziehung:

$$S = \frac{6{,}5}{f} \frac{(b+f)}{(b+6{,}5)} S_1.$$

Diese Gleichung hat die Eigentümlichkeit, daß der Betrag der Röhrenverschiebung f sowohl im Zähler als im Nenner auftritt, so daß eine gewisse Kompensation innerhalb der Gleichung herbeigeführt wird und die fehlerhaften Beträge nur sehr geringe Werte annehmen. In nachstehender Tabelle II sind wiederum die entstehenden Fehler in Prozenten zusammengestellt, für Fehler in der Röhrenverschiebung um 1, 3 und 5 mm, für $b = 1$ cm, $b = 3$ cm, $b = 5$ cm; man sieht wiederum, daß die Fehlermöglichkeiten praktisch verschwindend gering sind.

Tabelle II.

Fehler in Prozenten.

	$f = 6{,}4$	$f = 6{,}2$	$f = 6{,}0$
$b = 1$	0,2 %	0,6 %	1,1 %
$b = 3$	0,5 %	1,5 %	2,6 %
$b = 5$	0,7 %	2,1 %	3,6 %

Dies sind also die Gründe dafür, daß man mit dem Tiefenmesserverfahren, wie es die Praxis tausendfach bestätigt hat, trotz eventueller Fehler, die man bei der Einstellung von Fokalabstand und Röhrenverschiebung infolge ungenauer Messungen dieser Beträge macht, ein brauchbares und einwandfreies Lokalisationsresultat erhält, wie man es durch die von Weski vorgeschlagene Kontrollaufnahme nach vorgenommener Übertragung des Lokalisationsresultates auf den Körper des Patienten jederzeit leicht bestätigt finden kann.

ad 2) Wenn nun Wachtel trotz dieser Sachlage versucht, auch jene praktisch unwesentlichen Fehlermöglichkeiten aus der Welt zu bringen, so ist das an sich eine durchaus verdienstvolle Sache. Es muß aber dabei beachtet werden, ob denn nun wirklich der erreichte Effekt den Absichten entspricht. Ich will dabei ganz davon absehen, daß durch das Mitphotographieren der Schwebemarke die Anzahl der Schattenbilder auf der photographischen Platte vergrößert wird, was eventuell zum unliebsamen Verdecken von kleineren Splittern usw. führen kann, und ich will ferner davon absehen, daß dieses Mitphotographieren der Schwebemarke die Vermehrung der Messungen auf der Platte um 2 auf 4 Messungen zur Folge hat. Diese Folge ist übrigens eine ganz natürliche, denn die Geometrie läßt es nun einmal nicht zu, daß man sich von Fokalabstand und Röhrenverschiebung unabhängig macht. Diese beiden Größen gehen in die in Betracht kommenden Formeln ein und lassen sich auf keinem Wege aus ihnen eliminieren. Wenn man es wie Wachtel doch scheinbar tut, so ist dies eben nur „scheinbar"; denn die hierbei neu hinzukommenden zwei Messungen sind nichts weiter als indirekte Messungen jener beiden Strecken, welche sonst direkt mit dem Zentimetermaß gemessen werden. Durch die indirekte Ausmessung auf der Platte bei den beiden neu hinzukommenden Messungen rekonstruiert man nachträglich:

1. durch die Ausmessung der Größe des Schwebemarkenschattens die Fokaldistanz,
2. durch die Messung der gegenseitigen Entfernung der beiden Schwebemarkenschatten den Betrag der erfolgten Röhrenverschiebung.

Dies ist der Fall, weil bei bestimmtem Durchmesser der Schwebemarke und bei bestimmter Entfernung derselben von der Platte ein einfacher mathematischer Zusammenhang besteht zwischen Röhrenentfernung und Schattengröße der Schwebemarke einerseits und Röhrenverschiebung und gegenseitigem Schattenabstand der beiden Schwebemarkenbilder andererseits.

Was man also bei der Tiefenmessermethode von vornherein als gegeben ansetzt, das rekonstruiert man seinem Werte nach bei der Schwebemarke nachträglich durch zwei Messungen auf der Platte. An die Stelle der direkten Messung tritt also die indirekte Messung, und diese bringt zum mindesten ebenso große, in der Regel aber wohl größere Fehler mit sich als die einfache direkte Messung mit dem Zentimetermaß. Gerade die Fehlerbeträge, welche die indirekte Messung auf der Platte unter Ausmessung der gegenseitigen Schattenabstände in sich schließt, ist in sehr anschaulicher Weise von Freund und Praetorius in ihren Fehlertabellen dargestellt worden. Sie bezeichnen diese indirekten Fehler der Plattenmessung als a-Fehler und weisen nach, daß er z. B. ca. das 18- bis 60fache des Fehlers, welchen man bei der Einstellung der Fokaldistanz hervorruft, beträgt. Gerade deshalb ist es also vorteilhaft, diese indirekten Messungen, die an sich nun einmal die notwendige Grundlage zur Ermittelung des Lokalisationsresultates aus dem Plattenbilde ergeben, auf eine möglichst geringe Anzahl zu beschränken, und die unter diesem Gesichtspunkte erfolgte Reduktion der ganzen Lokalisationsmessungen auf nur zwei solcher Messungen ermöglichte eben die Konstruktion eines so einfachen Zirkels wie des Tiefenmessers unter Vermeidung aller Kurventafeln usw., die bei der Vergrößerung der Anzahl der direkten Messungen neben den eben geschilderten Fehlern mit in Kauf genommen werden müssen. Ich vermag daher in dem Vorschlag der Anwendung einer Schwebemarke nicht einen Fortschritt im Sinne der Einschränkung der Fehlermöglichkeiten ebensowenig wie im Sinne der Vereinfachung der Methodik zu erblicken. Denn die bei der zahlenmäßigen Lokalisation in Frage kommenden Fehlermöglichkeiten sind so gering, daß sie keinen praktischen Einfluß haben, und in der direkten Messung von Fokaldistanz und Röhrenverschiebung liegt gerade die so außerordentliche Einfachheit, welcher die Lokalisationsmethodik in ganz besonders hohem Maße bedarf, um praktisch wertvolle Dienste zu leisten. Die wirklichen Fehler von bedeutendem Einfluß, die bei der Lokalisation so viel gemacht worden sind, liegen nicht in der Ermittlung des zahlenmäßigen Befundes, sondern sie sind, wie weiter gezeigt werden wird, in der Übertragungsmethodik und der sich anschließenden Fixierung des Resultates für den chirurgischen Eingriff zu machen.

III.
Die Übertragung des zahlenmäßigen Resultates auf den Körper des Patienten.

Während die geometrischen Voraussetzungen für die zahlenmäßige Lokalisation eines Fremdkörpers, wie im vorigen Abschnitt gezeigt, bereits in ihrer ganzen Ausdehnung vor dem Kriege bekannt, und weder einer Verbesserung bedürftig, noch auch einer solchen fähig waren, liegen die Verhältnisse bei der Methodik der Übertragung des Lokalisationsresultates auf den Körper des Patienten wesentlich anders. Infolge der relativ wenig zahlreichen Fälle, welche man in Friedenszeiten zu lokalisieren hatte, empfand man nicht die Notwendigkeit, eine besondere Übertragungstechnik zu entwickeln, wie überhaupt die ganze Lokalisationstechnik einen mehr behelfsmäßigen Charakter trug. Die große Anzahl der schwierigen Fälle, welche seit Kriegsbeginn zu lokalisieren waren, schuf jedoch hierin Wandlung, indem sie die Erkenntnis zeitigte, daß mindestens in gleich hohem Maße wie bei der zahlenmäßigen Lokalisation, erst recht bei der Rekonstruktion der Resultate am Patienten peinlichste Sorgfalt und Einhaltung der in den Grundlagen liegenden Voraussetzungen geboten ist. Die Aufgabe der Übertragung besteht darin, denjenigen Punkt auf der Körperoberfläche zu bezeichnen, unter welchem senkrecht (bezogen auf die Unterlage) in einer anzugebenden Tiefe der gesuchte Fremdkörper liegt. Diesen Punkt hat man nun früher auf recht improvisiertem Wege an Hand des zahlenmäßigen Lokalisationsresultates zu ermitteln gesucht. Ich möchte an dieser Stelle, da auch jetzt noch, wie man aus der Literatur ersieht, für diesen Teil der Lokalisationsaufgabe in großem Umfange mit Improvisationen gearbeitet wird, auf das eindringlichste vor solchen warnen. Die Übertragung ist in gleich hohem Maße eine Präzisionsarbeit wie

die zahlenmäßige Lokalisation selbst, und wenn man bei dieser Übertragung durch Anwendung nicht einwandfreier Hilfsmittel Fehler macht, so sind diese in der Regel viel größer als diejenigen, welche selbst bei groben Nachlässigkeiten bei der Bestimmung des zahlenmäßigen Lokalisationsresultates vorkommen können. Wie unklar man sich in weiten Kreisen über die Grundlagen einer exakten Lokalisationsübertragung ist, geht am treffendsten aus dem Umstande hervor, daß man selbst bei Autoren, welche sich eingehend mit dem Lokalisationsproblem befaßt haben, Anweisungen für die Übertragung findet, welche prinzipiell falsch sind und Fehlresultate zur Folge haben müssen. So schreibt beispielsweise Wachtel in Band XXIII, Heft 5 dieser Zeitschrift, mit Bezug auf die Übertragung der Winkelgröße und der seitlichen Entfernung mit Hilfe eines Winkels folgendes: „Man geht nun mit dem Winkelmesser auf die Haut, legt hier das Zentrum auf die Ausgangshautmarke und läßt den einen Arm durch die Hilfsmarke ziehen. Den anderen Arm des Winkelmessers stellt man in denselben Winkel ein, den man auf der Platte vorher gefunden hat. Der Arm zeigt jetzt die Richtung, in welcher man von der Ausgangshautmarke aus den Fremdkörper suchen soll, und zwar wird der Fremdkörper in dieser Richtung in der vorher gefundenen seitlichen Entfernung von der Ausgangshautmarke liegen. Wenn wir also auf dem Fremdkörperarm des Winkelmessers die gefundene seitliche Entfernung von der Ausgangshautmarke aus ausmessen, so erhalten wir einen Punkt auf der Haut, senkrecht, unter welchem der Fremdkörper in der zuvor gefundenen Tiefe liegt." Bei dieser Übertragungsanweisung ist übersehen oder zum mindesten nicht klar zum Ausdruck gebracht, daß die sogenannte seitliche Entfernung des Fremdkörpers vom Fixpunkt (Ausgangshautmarke) infolge der geometrisch-mathematischen Grundlagen der Lokalisation eine Größe ist, welche in der Horizontalen zu messen ist, also in einer Ebene, welche der horizontal gedachten Unterlage (Plattenebene) parallel ist. Die Haut aber, auf welche Wachtel den Winkelmesser zu legen vorschreibt, ist durchaus keine solche Ebene, sondern verläuft in ganz willkürlicher Richtung zur Unterlage, unter Umständen, z. B. an den Extremitäten, bis zu 90° Neigung gegenüber derselben. Wenn man also den Arm des Winkelmessers, auf welchem die seitliche Entfernung abzutragen ist, auf die Haut legt und nun auf ihm die seitliche Entfernung abträgt, so tut man dies nicht entsprechend den gemachten geometrischen Voraussetzungen in der Horizontalen, sondern in einer Ebene von willkürlicher Neigung gegenüber der Horizontalen. Man erhält infolgedessen auf der Haut einen ganz anderen Punkt als denjenigen, welchen man erhalten würde, wenn man, wie es richtig wäre, den betreffenden Arm des Winkelmessers horizontal stellen, darauf an ihm die seitliche Entfernung abtragen, und von dem so gefundenen Punkte senkrecht nach unten gehen würde, bis man die Haut trifft. Derjenige Punkt, in welchem man so die Haut trifft, ist der wirkliche „Fremdkörperpunkt", der Punkt also, unter welchem senkrecht der Fremdkörper liegt.

Daß man im anderen Falle einen Fehler um so größeren Betrages macht, je größer der Winkel ist, welchen die Hautoberfläche mit der Plattenebene einschließt, erkennt man leicht aus nebenstehender Figur 1. Diese Figur gibt einen Schnitt durch den Körper des Patienten wieder, und zwar in der Richtung, welche durch Fixpunkt und Fremdkörper, also durch die Richtung, in welcher man die seitliche Entfernung abzutragen hat, gegeben ist. Die Hautoberfläche besitzt eine gewisse Neigung gegen die Plattenebene, welche durch ihren Winkel mit AB dargestellt wird. A stellt den Fixpunkt dar. Nehmen wir an, daß die seitliche Entfernung laut Angabe des Tiefenmessers 5 cm betrüge, so tragen wir also diese 5 cm auf dem einen Schenkel des auf die Haut gelegten Winkelmessers ab und gelangen zu einem Punkte C auf der Hautoberfläche. Wie man sieht, liegt dieser Punkt jedoch nicht senkrecht über dem Fremdkörper, sondern die Übertragung hat in richtiger Weise so zu erfolgen, daß man in einer Ebene, welche der Plattenebene parallel liegt, also in der Horizontalebene AB die Strecke von 5 cm abzutragen hat. Das führt zu dem Punkte B und von diesem senkrecht herab zu dem Hautpunkt D, welcher wirklich senkrecht über dem Fremdkörper F liegt. Man sieht ohne weiteres ein, daß der Fehler, den man macht, um so größer wird, je größer der Winkel ist,

welchen die Hautoberfläche mit der Horizontalebene AB einschließt. Man kann nicht eindringlich genug darauf hinweisen, daß die Übertragung auf diese und keine andere Weise vorgenommen werden muß, da sonst ganz grobe Abweichungen entstehen, welche die röntgenologische Lokalisation mißkreditieren, und, wie es wohl schon manchmal geschehen sein dürfte, zu der absurden Ansicht führen können, daß die zahlenmäßigen Resultate, welche das Lokalisationsinstrument geliefert hat, falsch sind, absurd deshalb, weil diese Zahlen — die richtige Herstellung der Doppelaufnahme vorausgesetzt — auf rein mathematisch - geometrischem Wege ermittelt werden und daher niemals falsch sein können. Wenn man aber richtige Zahlen in falscher Weise auf den Patienten überträgt, so nützt natürlich die Richtigkeit der Zahlen nichts, und das Lokalisationsergebnis wird dessenungeachtet falsch. Solche Fehler werden aber immer leicht entstehen, wenn man der Übertragung keine besondere Sorgfalt zuwendet und dieser Maßnahme, wie es früher in weitaus den meisten Fällen geschah, ihren improvisatorischen Charakter beläßt.

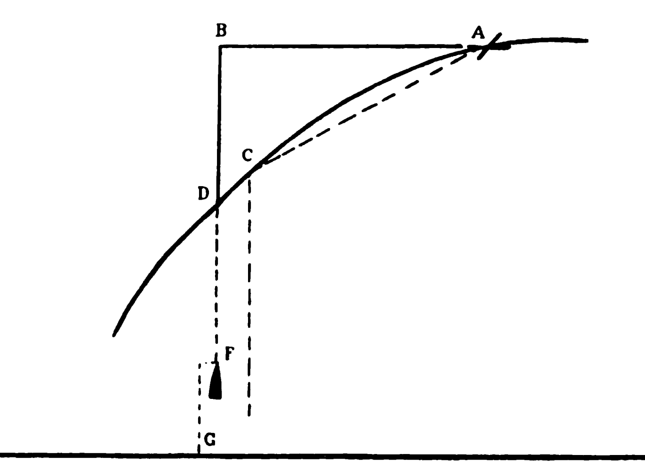


Fig. 1.

Diese Erwägungen haben zweifellos Weski geleitet, als er vorschlug, die Vornahme der Übertragung der seitlichen Entfernung vom Fixpunkt aus zwangsmäßig in der richtigen Weise erfolgen zu lassen, indem man sich dazu, genau wie bei der Feststellung des zahlenmäßigen Lokalisationsresultates, eines besonderen Instrumentes bedient. Dieser Vorschlag hat sich als außerordentlich fruchtbar erwiesen, und es steht fest, daß Fehlresultate vollkommen ausgeschlossen sind, wenn man zur Übertragung den von Weski angegebenen Indikator benutzt, welcher auf sinnreiche Weise die richtige Übertragung der seitlichen Entfernung in der Horizontalen und darauf die Projektion des so gefundenen Punktes auf die Haut automatisch gewährleistet. Der Indikator erreicht dies durch seine Konstruktion in folgender Weise: Der Apparat besteht, wie man aus nebenstehender Abbildung 2 erkennt, aus einer Vertikalachse a, welche mit Millimetereinteilung versehen ist und an welcher zwei Horizontalachsen b und f verschiebbar angebracht sind. Setzt man den Fühlhebel c des Indikators auf irgendeinen Punkt der Körperoberfläche auf, so kann man ohne weiteres auf der Vertikalachse a die Entfernung dieses Punktes von der Unterlage ablesen, z. B. die Höhenlage des Fixpunktes oder was noch wichtiger ist, des Fremdkörperpunktes. Die beiden Horizontalachsen b und f sind ebenfalls mit einer Millimetereinteilung versehen und quer zur Vertikalachse verschiebbar. Die Übertragung des zahlenmäßigen Lokalisationsresultates auf den Körper des Patienten erfolgt nun in folgender Weise: Hat man beispielsweise mit dem Tiefenmesser festgestellt, daß der Fremdkörper in einem Winkel von 40° zur Orientierungslinie und einer seitlichen Entfernung

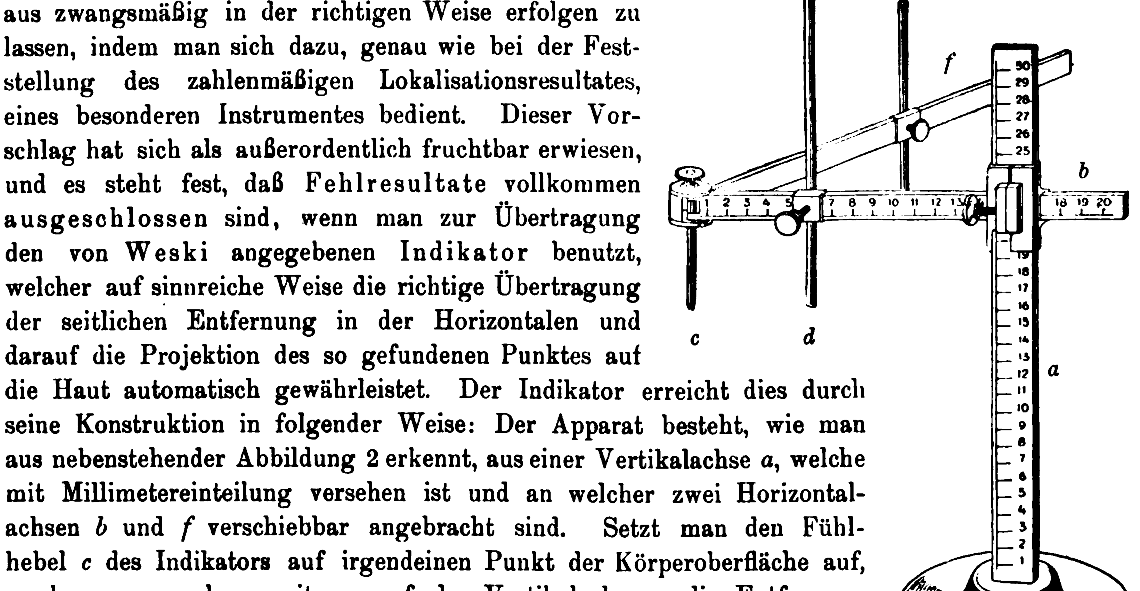


Fig. 2.

von 5 cm liegt, so stellt man die beiden Horizontalarme *b* und *f* auf einen Winkel von 40° zueinander ein, was man an der angebrachten Winkeleinteilung ablesen kann. Dann verschiebt man auf dem einen Horizontalarm, z. B. auf *f*, den Vertikalreiter *g* bis zu der an der Teilung abzulesenden Stelle 5 cm; das ist mithin die Abtragung der seitlichen Entfernung, und nun erfolgt die eigentliche Übertragung. Man setzt nämlich den Fühlhebel *c* des Indikators auf den auf dem Körper des Patienten angebrachten Fixpunkt (Orientierungspunkt) und bringt denjenigen Horizontalarm, in unserem Falle *b*, auf welchem man die seitliche Entfernung nicht abzutragen hat, in die Richtung der Orientierungslinie. Die exakte Deckung des Indikatorarmes mit der Orientierungslinie ist leicht durch Herabsenken des Vertikalreiters *d* kontrollierbar, die Übertragung in der Horizontalen durch die Libelle des Instrumentes. Befindet sich der Indikator in dieser Stellung, so hat man nur noch die Fixierungsschraube zu lösen, welche den Vertikalreiter *g* festhält, so daß dieser sich herabsenkt, bis er auf den Körper des Patienten aufstößt. Der so erhaltene Punkt ist der „Fremdkörperpunkt"; d. h. senkrecht unterhalb dieses Punktes liegt der gesuchte Fremdkörper.

Auf diese Weise ist ohne Zuhilfenahme irgendwelcher improvisierten Ebenen, Pappdeckel usw., wie man es vielfach versucht hat, eine absolut exakte und sichere Übertragung des zahlenmäßigen Lokalisationsresultates auf den Patienten gewährleistet. Es sei noch darauf hingewiesen, daß es notwendig ist, die Entfernung des so gefundenen Fremdkörperpunktes von der Unterlage zu ermitteln, was ebenfalls innerhalb weniger Sekunden durch Aufsetzen des Indikatorhebels *c* auf diesen Punkt und Ablesung an der Vertikalachse ausgeführt wird. Diese Messung ist, wie auch vielfach übersehen worden ist, nötig, weil man bei der zahlenmäßigen Lokalisation die sogenannte „Tiefenlage" des Fremdkörpers festgestellt hat, d. h. seine senkrechte Entfernung von der Unterlage resp. Platte. Den Chirurgen interessiert jedoch diejenige Anzahl von Zentimetern, welche der Fremdkörper unterhalb des Fremdkörperpunktes liegt, und es muß daher die Tiefenlage des Fremdkörpers subtrahiert werden von der Entfernung des Fremdkörperpunktes von der Platte, damit man die Entfernung des Fremdkörpers vom Fremdkörperpunkt erhält. In Figur 2 stellt *FG* die Tiefenlage des Fremdkörpers dar, die Strecke *DG* ist die senkrechte Entfernung des auf richtige Weise gefundenen Fremdkörperpunktes von der Platte. Subtrahiert man diese beiden Strecken voneinander, so bleibt die Strecke *DF* übrig, d. h. die den Chirurgen interessierende Entfernung des Fremdkörpers vom Fremdkörperpunkt.

Daß es nötig ist, den Patienten bei der Übertragung des zahlenmäßigen Lokalisationsresultates in genau dieselbe Lage zu bringen, welche er bei der Doppelaufnahme eingenommen hat, soll nur nebenher erwähnt werden; es ist dies leicht und sicher mit Hilfe der von Weski vorgeschlagenen Höhenmarken und Höhenmarkenständer vorzunehmen.

Zusammenfassend kann man sagen, daß dringend davor zu warnen ist, sich bei der Übertragung des zahlenmäßigen Lokalisationsresultates auf den Körper des Patienten improvisatorischer Maßnahmen zu bedienen, da die Richtigkeit des Ergebnisses in höchstem Grade von der exakten Vornahme der Übertragung abhängt. Letztere wird gewährleistet durch Verwendung des Weski-Indikators, der die Übertragung nicht nur genau, sondern mit wenigen Handgriffen schnell und ohne Schwierigkeit vorzunehmen gestattet.

IV.
Die Fixierung des röntgenologischen Lokalisationsbefundes für den Chirurgen.

Zwar ist der eigentliche röntgenologische Teil der Lokalisationsarbeit damit erledigt, daß der „Fremdkörperpunkt" auf der Hautoberfläche des Patienten durch zahlenmäßige Lokalisation und Übertragung derselben ermittelt worden ist. In der Tat hat man auch lange Zeit hindurch in der Bestimmung dieses Punktes den tatsächlichen Abschluß des Lokalisationsverfahrens erblickt und den Patienten in diesem Stadium dem Chirurgen überantwortet, indem wohl nur in den seltensten Fällen eine Besprechung zwischen Röntgenologen und Chirurgen über das

Ergebnis der Lokalisation angeknüpft wurde. Die unausbleibliche Folge hiervon war, daß nunmehr in einer großen Zahl von Fällen der Fremdkörper bei der Operation nicht gefunden und daraus für die röntgenologische Lokalisationsmethodik der Vorwurf hergeleitet wurde, sie habe ein falsches Resultat ergeben, und der Fremdkörper läge gar nicht dort, wo er röntgenologisch ermittelt worden sei. Nun ist freilich der Röntgenologe leicht in der Lage, diesen jeder Berechtigung entbehrenden Vorwurf von sich abzuwälzen, indem er nach vollendeter Übertragung des Lokalisationsresultates auf den Patienten die schon einmal erwähnte Kontrollaufnahme (Weski) anfertigt. Dies geschieht, indem er um den gefundenen Fremdkörperpunkt herum ein kleines Bleifenster auf den Körper des Patienten legt und nun eine gewöhnliche Röntgenaufnahme aus beliebiger Entfernung herstellt, wobei er die Röhre so zentriert, daß der Fokus sich senkrecht über dem gefundenen Fremdkörperpunkt befindet. Dadurch trifft der die Röhre verlassende Zentralstrahl die Mitte des Bleifensters und durcheilt nun weiter in vertikaler Richtung das darunterliegende körperliche Gewebe. Ist das Lokalisationsergebnis richtig, d. h. liegt der Fremdkörper wirklich senkrecht unter dem aufgefundenen Hautpunkt, so muß der Zentralstrahl auf seinem Wege den Fremdkörper ebenfalls treffen und ihn auf der Platte abbilden. Auf der Platte erscheint mithin der Fremdkörperschatten, umgeben von dem Schatten des Bleifensters. Der positive Ausfall dieser Kontrollaufnahme ist der einwandfreie Beweis für die Richtigkeit der röntgenologischen Arbeit, und die regelmäßige Herstellung dieser Kontrollaufnahme schützt den Röntgenologen gegen den Vorwurf der Ungenauigkeit seiner Arbeit, indem sie die Richtigkeit des erhaltenen Ergebnisses beweist.

Damit ist zwar das Gewissen des Röntgenologen entlastet, aber dem Chirurgen ist damit nicht geholfen, denn er wird nunmehr mit Recht den Einwurf machen, daß dann eben die ganze röntgenologische Lokalisation nichts nütze, da sie ihm das Auffinden des Fremdkörpers doch nicht mit Sicherheit ermögliche. Demgegenüber ist zunächst auf die Notwendigkeit einer sich an die Lokalisation anschließenden, resp. vor der Operation vorzunehmenden Besprechung zwischen Röntgenologen und Chirurgen hinzuweisen, und es ist zu empfehlen, daß der Röntgenologe, wenn irgend möglich, zur Operation hinzugezogen wird, damit dafür gesorgt werden kann, daß unter Zuhilfenahme der Höhenmarken der Patient auf dem Operationstisch dieselbe Lage einnimmt wie bei der röntgenologischen Lokalisation, und die vertikale Richtung beim Eingehen gewahrt bleibt; auch wird der Röntgenologe häufig in der Lage sein, aus der Lokalisationsplatte durch Ausmessung der Verschiebung benachbarter Knochenschatten usw. mit dem Tiefenmesser die eigentliche anatomische Lage des Fremdkörpers näher zu bestimmen und dem Chirurgen wichtige diesbezügliche Hinweise zu geben. Hiergegen ist jedoch wieder zu sagen, daß es häufig unmöglich sein wird, die bei der röntgenologischen Lagebestimmung innegehabte Lage den Patienten für die Operation wieder einnehmen zu lassen, und endlich tritt ein weiteres ungemein wichtiges Argument hinzu, auf welches in verdienstvoller Weise von Holzknecht, Wachtel, Weski u. a. hingewiesen worden ist: Selbst wenn nämlich die Lage des Patienten genau wieder rekonstruiert und ebenfalls genau in vertikaler Richtung eingegangen wird, so wird es häufig passieren, daß der Fremdkörper nicht dort gefunden wird, wo er nach der röntgenologischen Lokalisation sein sollte, und wo seine Anwesenheit durch die Kontrollaufnahme konstatiert worden ist. Das liegt daran, daß das Lokalisationsresultat zwar für das uneröffnete Gewebe gilt, jedoch seine Gültigkeit mit dem Augenblick verliert, wo das Messer des Chirurgen sich seinen Weg zu bahnen beginnt. Es tritt dann eine Entspannung und Lageveränderung von Muskeln und Gewebe ein, welche den Fremdkörper mit ergreift und ihn eine ganz andere Lage einnehmen läßt wie die, welche er vorher gehabt hat.

Aus dieser unliebsamen Tatsache ergeben sich nun zwei Möglichkeiten, dem Chirurgen trotzdem das schnelle und sichere Auffinden des Fremdkörpers ohne das sonst einsetzende verwüstende Suchen nach dem Fremdkörper zu erleichtern. Die eine Möglichkeit besteht darin, daß man nach dem Vorschlage Holzknechts die Operation am Röntgentisch mit einer Untertischröhre d. h. also unter Zuhilfenahme der Durchleuchtung, ausführt und sich dabei der verschiedenen

von Holzknecht genannten Hilfsmittel, der Harpune, der Punktion mit anschließender Farbstoffmarkierung, wie sie auch von Weski einige Zeit versucht wurde, der Stellsonde, des Visierrohrs und der Richtungsanzeiger bedient. Bei diesem Vorgehen büßt die röntgenologische Lokalisation viel von dem ein, was sie wirklich zu leisten vermag, denn sie dient ja dann nur dazu, gewisse mehr oder minder lockere Anhaltspunkte zu ermitteln, — die eigentliche Auffindung des Fremdkörpers jedoch geschieht wieder durch das Suchen des Chirurgen unter Leitung des Durchleuchtungsstrahls. Wenn man auch Holzknecht wohl darin zustimmen kann, daß die Operation am Röntgentisch eine Methode darstellt, welche nicht kompliziert und nicht schwierig ist, auch die Asepsis sich leicht durchführen läßt, so weiß ich doch aus Erfahrung, daß man auf lebhaften Widerstand bei den Chirurgen stößt, wenn man ihnen ein solches Vorgehen zumutet. Es erscheint mir daher ungemein wichtig, daß es auch noch eine zweite Möglichkeit gibt, die durch Entspannung usw. auftretenden Lageveränderungen für das chirurgische Vorgehen unschädlich zu machen, und zwar ohne jede weitere Zuhilfenahme von Durchleuchtungs- oder anderen Methoden. Es ist dies die Fixierung des röntgenologischen Lokalisationsbefundes in der Weise, daß der einmal röntgenologisch aufgefundene Fremdkörper gewissermaßen gepackt und nicht wieder losgelassen wird, selbst wenn er seine Lage um viele Zentimeter verändert. Es geschieht dies durch eine ungemein einfache kleine Vorrichtung, den von Weski angegebenen **Leitdraht.** Die hierin gefundene Lösung ist bei all ihrer Einfachheit so genial und zeitigt derart überraschende Erfolge, daß man ihr im Interesse unserer Verwundeten die weiteste Verbreitung wünschen muß. Sie ist gewissermaßen die Krönung der röntgenologischen Lokalisation. Der Leitdraht ist ein dünner Draht, der an seinem einen Ende mit einem kleinen Widerhaken versehen ist. Nachdem man den Fremdkörperpunkt auf der Haut des Patienten gefunden hat, wird der Leitdraht von diesem Punkte aus auf folgende Weise in den Körper eingeführt: Vom Fremdkörperpunkt aus sticht man eine Kanüle, die Weskische Lokalisationskanüle, um so viel Zentimeter vertikal ein, als die durch die Lokalisation ermittelte Entfernung des Fremdkörpers vom Fremdkörperpunkt beträgt. Das vertikale Eingehen ist leicht an einer an der Kanüle angebrachten Libelle zu kontrollieren. Ebenso gestattet eine zweite Libelle genau horizontales Eingehen, falls sich dies bei der anatomischen Lage als günstiger herausstellt. Die Kanüle besitzt ferner eine Zentimetereinteilung, auf welcher eine Arretierung eingestellt werden kann. Es bereitet also keine Schwierigkeiten, die Kanülespitze so viel Zentimeter in der Richtung auf den Fremdkörper vordringen zu lassen, als dieser unterhalb des Fremdkörperpunktes liegt. Ist die Kanüle eingestochen, so befindet sich ihre Spitze in unmittelbarer Nähe des Fremdkörpers, und nun zieht man die Seele der Kanüle heraus, indem man durch das Kanüleninnere den Leitdraht so weit hineinschiebt, bis sein Widerhaken am unteren Kanülenende heraustritt. Er verankert sich dort im Gewebe und bleibt in diesem festsitzen, während man nunmehr die Kanüle selbst wieder herauszieht. Damit ist die Fixierung des Lokalisationsbefundes für den chirurgischen Eingriff beendet, und der Chirurg ist an keine bestimmte Lagerung des Patienten auf dem Operationstisch gebunden und nicht auf die Innehaltung einer bestimmten Richtung, nicht einmal bestimmter Anfangspunkte beim operativen Eingehen angewiesen. **Der Leitdraht, der aus dem Körper herausragt, bildet eine ständige Verbindung zwischen der Körperoberfläche und dem Fremdkörper;** nimmt der letztere durch Entspannung der Gewebe usw. eine andere Lage ein, so wandert das verankerte Ende des Leitdrahtes mit, und der letztere bildet immer wieder einen sicheren, zu dem Fremdkörper führenden Wegweiser. Bei der Operation arbeitet der Chirurg mithin nicht mehr auf ein irgendwo isoliert im Gewebe steckendes Objekt hin, sondern er tastet sich von der Hautoberfläche an einem ihn leitenden Draht (daher Leitdraht) entlang bis zum Ende desselben, und hier findet er den Fremdkörper. Er sucht ihn nicht mehr, sodern er findet ihn auf kürzestem und schnellstem Wege.

V.

Bei der Besprechung der Übertragungsmethodik habe ich bereits darauf hingewiesen, daß es falsch ist, mit improvisierten Vorrichtungen zu arbeiten; dies gilt nicht weniger auch für die anderen beiden Phasen der Lokalisation, denn die röntgenologische Fremdkörperlokalisation stellt ein in sich abgeschlossenes Verfahren dar, welches ebenso sorgfältig und exakt ausgeführt werden muß, wie jedes andere Verfahren. Und noch eins: Die Lokalisationsmethodik muß **erlernt** werden; es genügt nicht, daß man sich, wie es vielfach geschieht, einen Tiefenmesser oder irgendein anderes Lokalisationsinstrument kauft und nun vermeint, an der Hand der Gebrauchsanweisung ohne weiteres einwandfrei arbeiten zu können. Zum mindesten ist es nötig, neben dem eigentlichen Lokalisationsinstrument, das immer noch von vielen als die Hauptsache betrachtet wird und dabei in Wirklichkeit doch nur das einfache Hilfsmittel zur Vermeidung mathematischer Rechnungen bei der zahlenmäßigen Lokalisation darstellt, diejenigen

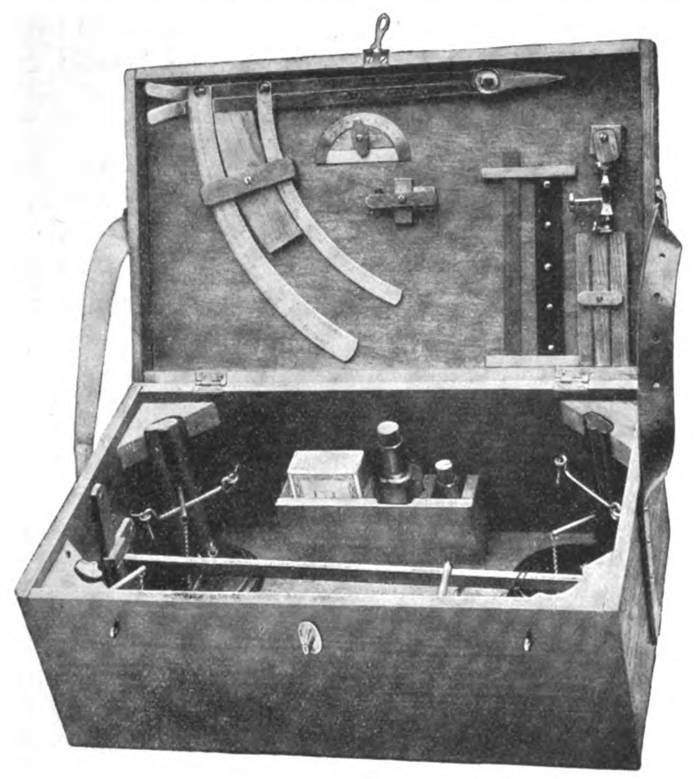


Fig. 3.

anderen Instrumente zu besitzen, welche die einfachste technische Ausdrucksform derjenigen Hilfsmittel darstellen, welche zur Ausführung der weiteren Phasen bei der Lokalisation nötig sind. Notbehelfe und Improvisationen bedingen, wie ich immer wieder betonen möchte, fehlerhafte Ergebnisse. Die für die Übertragung usw. konstruierten Instrumente sind in ihrer Bauart und ihrer Verwendung so ungemein einfach und ihr Preis ist so wenig erheblich, daß jeder einzelne, der häufiger Lokalisationen vorzunehmen hat, sich ihrer mit bestem Nutzen und wirklichem Vorteil für sich und die Patienten bedienen kann. Nebenstehend ist die Gesamtansicht eines Lokalisationsbestecks, wie es von der Radiologie, G. m. b. H., Berlin W 35, hergestellt wird, wiedergegeben, eine Zusammenstellung der zur Lokalisation notwendigen Gesamtapparatur, wie sie sich in dieser einfachen handlichen Form in einem tragbaren Kasten mäßigen Umfanges vereinigt, als ganz besonders zweckmäßig erwiesen hat. — Was das Erlernen der Lokalisation betrifft, so wird man natürlich, wenn man die vollständigen Hilfsmittel beisammen hat, durch eigenes Bemühen und Vertiefen in die Sache zu einer voll-

ständigen Beherrschung des Verfahrens gelangen, aber sehr viel schneller und instruktiver ist es, — und das gilt in allererster Linie für die Ausbildung des röntgenologischen Hilfspersonals — wenn die Lokalisation praktisch in entsprechenden Kursen mit Demonstrationen am Objekt gelehrt wird. Ich selbst habe bereits eine sehr große Anzahl solcher Kurse abgehalten und gefunden, daß alle diejenigen Dinge, welche, wie die theoretischen Voraussetzungen der zahlenmäßigen Lokalisation, der Übertragung usw., dem Unkundigen kompliziert und umständlich erscheinen, bei den praktischen Demonstrationen ohne jede Schwierigkeit und schnell begriffen werden, und es kann eine völlige Vertrautheit mit der röntgenologischen Fremdkörperlokalisation durch relativ kurze Belehrungen und einige praktische Demonstrationen erreicht werden. Aus diesem Grunde möchte ich wiederholt anregen, auch anderwärts in weiterem Umfange, als es bisher geschah, Lokalisationskurse der genannten Art abzuhalten.

Zusammenfassung.

Die geometrisch-mathematischen Grundlagen der röntgenologischen Fremdkörperlokalisation sind in ihrem vollen Umfange bereits vor Beginn des Krieges bekannt gewesen und zur Ermittelung des zahlenmäßigen Lokalisationsresultates benutzt worden; sie haben seither keine verbessernde Erweiterung erfahren.

Bei der Übertragung des zahlenmäßigen Lokalisationsresultates auf den Körper des Patienten sind vielfach die hierfür maßgebenden theoretischen Voraussetzungen vernachlässigt worden, woraus notwendigerweise Fehlresultate entstehen müssen. Alle behelfsmäßigen Maßnahmen sind aus der Übertragungsmethodik auszuschalten, und es sind solche Vorrichtungen zu benutzen, welche, wie der Weskiindikator, die strengste Einhaltung der notwendigen Voraussetzungen automatisch gewährleisten.

Nach erfolgter Übertragung des Lokalisationsresultates und Feststellung des „Fremdkörperpunktes“ ist die Lage des Fremdkörpers zum Zwecke seiner sicheren chirurgischen Auffindung zu fixieren. Dazu dient der Leitdraht, welcher selbst dann, wenn die Lage des Fremdkörpers durch Gewebsentspannung usw. sich völlig ändert, den Operateur sicher und ohne daß er zu suchen braucht, auf den Fremdkörper führt.

Fehlresultate bei der Fremdkörperlokalisation können mit voller Sicherheit ausgeschaltet werden.

Literatur.

1. Albers-Schönberg, Hamburger Ärzte-Korrespondenz 1914, 51.
2. Albers-Schönberg, Fortschr. a. d. Geb. d. Röntg.-Strahlen, Bd. XXIII, Heft 3, S. 316/17.
3. Fürstenau, Fortschr. a. d. Geb. d. Röntg.-Strahlen, Bd. XI, Heft 4.
4. Fürstenau, Verhandlungen der Deutschen Röntgen-Gesellschaft, Bd. 3.
5. Weski, Münchener Medizinische Wochenschrift 1915, Nr. 7.
6. Katz und Salow, Berliner Klinische Wochenschrift 1915, Nr. 21.
7. Fürstenau, Berl. Klin. Wochenschrift 1915, Nr. 28.
8. Salow, Berl. Klin. Wochenschrift 1915, Nr. 37.
9. Fürstenau, Berl. Klin. Wochenschrift 1915, Nr. 43.
10. Weski, Die röntgenologische Lagebestimmung von Fremdkörpern Ihre schulgemäße Methodik, dargestellt an kriegschirurgischem Material. Ferd. Enke, 1915.
11. Wachtel, Münch. Med. Wochenschrift 1914, Nr. 47.
12. Fürstenau, Münch. Med. Wochenschrift 1915, Nr. 1.
13. Wachtel, Münch. Med. Wochenschrift 1915, Nr. 7.
14. Wachtel, Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstrahlen, Bd. XXIII, Heft 5.
15. Holzknecht, Münch. Med. Wochenschrift 1916, Nr. 6.
16. Seubert, Münch. Med. Wochenschrift 1915, Nr. 52.
17. Freund und Praetorius, Die radiologische Fremdkörperlokalisation bei Kriegsverwundeten. Wien, Urban & Schwarzenberg 1916.
18. Flesch, Bruns Beiträge, Bd. 98, Heft 3.

Berlin, im März 1916.

Aus dem Zentralröntgenlaboratorium im k. k. Allgemeinen Krankenhause in Wien.
(Vorstand: Primarius Prof. Holzknecht.)

Gastro-Enterostomie und Ileus im oberen Dünndarme.

Beitrag zur Röntgendiagnose des Dünndarm-Ileus[1]).

Von

Dr. **Josef Freud**, Assistent.

(Hierzu Tafel X, Fig. 4.)

Das Wort Ileus ruft in uns ein eindruckvolles Bild einer schweren Erkrankung hervor. Es ist vielleicht darum und infolge der Angaben mancher Autoren die Meinung verbreitet, daß die klinische Diagnose des Ileus fast immer leicht sei. Daß dem aber in Wirklichkeit nicht so ist, weiß erstens der Erfahrene, der gewohnt ist streng zu unterscheiden, ob er in einem gegebenen Falle bloß an eine Möglichkeit gedacht oder eine feste Überzeugung gewonnen hat, und sprechen zweitens die Äußerungen gewichtiger Autoren. (Nothnagel, Wilms.)

Auch besteht die ziemlich allgemein gehegte und von manchen Autoren geäußerte Ansicht nicht zu Recht, daß in diagnostischer Hinsicht mit der allgemeinen Annahme Ileus genügend geschehen sei. Es wird vielmehr auch von chirurgischer Seite neuerlich wieder das Bedürfnis nach einer Art- und Lokaldiagnose des Ileus als dringend bezeichnet. Diesem Wunsch verlieh z. B. Tietze in den Verhandlungen der südostdeutschen Chirurgenvereinigung beredten Ausdruck. „Soll die Feststellung Darmverschluß für unser Handeln fruchtbar gemacht werden, so wollen wir wissen, ob es sich um eine funktionelle oder mechanische Störung der Darmpassage handelt, gegebenenfalls wo das mechanische Hindernis zu suchen ist und welcher Art es sich darstellt. Auch die Technik der Operation wird in entscheidender Weise von der Lösung dieser Frage beeinflußt; denn beim Ileus gilt es schnell das Ziel zu erreichen."

Dieser Autor hat denn auch versucht, mit Hilfe des Röntgenverfahrens zur Art- und Lokaldiagnose des Ileus zu gelangen. Er berichtet aber, daß ihm dieses Verfahren beim Dünndarm-Ileus versagt habe.

Ich will darum über einen Fall berichten, bei welchem die Diagnose eines Ileus unsicher war, auf röntgenologischem Wege aber nicht bloß diese, sondern auch die Art- und Lokaldiagnose gestellt worden ist.

Dem Falle kommt aber eine noch andere Bedeutung zu. Er weist nämlich darauf hin, daß eine breite Gastro-Enterostomie, eine im oberen Dünndarme vorhandene latente Disposition zum Ileus im oberen Dünndarme (Adhäsionsstenosen, pathologische Verlagerungen) verstärkt, beziehungsweise wirksam macht, was für die Technik der Gastro-Enterostomie besonders bei Anomalien und anderen Gelegenheiten zum Enterostomieren beachtenswert ist.

Am 16./IX. 1914 ist P. F. H., 33 Jahre alt, von einer medizinischen Station mit folgender Zuweisung zur Röotgenuntersuchung gebracht worden:

Anamnese: Status präsens: Gastro-Enterostomie. Am 7./IX. 1914 Mageninhalt fäkulant. Rote Blutkörperchen, Colibazillen.

Engere Fragestellung: Operationsgebiet Lientherie (?).

Der sehr schwächliche Patient konnte mit einer geringen Unterstützung von der Tragbahre sich erheben und sich selber vor die Durchleuchtungswand stellen. Sein Abdomen war nicht aufgetrieben und auch nicht auffallend druckempfindlich. Die per primam geheilte Laparatomienarbe im Oberbauche zeigte ein normales Aussehen.

Die Durchleuchtung des Abdomens vor der Gabe von Kontrastmitteln konnte keinen auffälligen allgemeinen oder lokalen Meteorismus feststellen; auch keine bemerkbare Ansammlung von Flüssigkeit im Magen und im Darme.

---

[1]) Im Anschlusse an eine Demonstration in der Gesellschaft für Innere Medizin und Kinderheilkunde in Wien am 11./XI. 1914.

Nach der Darreichung von Wismuth fand man beim P. einen median gelegenen bis ein Querfinger oberhalb des Nabels reichenden Magen, dessen horizontal verlaufende pars pylorica etwas schmal und zugespitzt war.

Darauf wandte sich die Aufmerksamkeit zunächst der Funktion der angelegten Gastro-Enterostomie zu.

Das Mißtrauen, das man gegen die Güte der Funktion einer solchen, wenn sie auch von berufener chirurgischer Hand angelegt worden ist, auf Grundlage reicher Erfahrung mit Grund hegen darf, ist bald zerstreut worden, denn es entleerte sich der Mageninhalt in einer etwa zwei bis drei querfingerbreiten Säule in den Darm durch die Anastomose und zwar zunächst in die Richtung nach links seitlich — anscheinend in die abführende Schlinge. Es lag also eine nach v. Hacker breit angelegte Gastro-Enterostomie vor. Im Bereiche der Gastro-Enterostomiestelle ließ sich keine auffällige Druckempfindlichkeit nachweisen. Durch manuelle Expression von Mageninhalt durch den Pylorus wurde die Lage des Duodenums eruiert. Es lag hiermit kein Anhaltspunkt zur Annahme eines Ulcus pepticum an der Gastro-Enterostomie oder eines circulus vitiosus vor.

In dieser Phase der Untersuchung war auch schon die Frage, ob bei dem Patienten eine Magen-Kolonfistel vorliege, in negativem Sinne entschieden.

Nach der ziemlich rasch und weit fortgeschrittenen Magenentleerung fesselten die Vorgänge am oberen Dünndarme die Aufmerksamkeit. Erstens fiel es auf, daß die anfänglich fortschreitende Zerstreuung des Wismuth im Dünndarm, einer auffälligen Sammlung desselben Platz machte. Die gefüllten Dünndarmschlingen lagen nicht im linken Anteile des Mittelbauches, sondern im rechten. Die unterste der gefüllten Dünndarmschlingen reichte tief in die rechte Darmbeingrube hinunter. Die einzelnen Schlingen waren ziemlich aufgerollt. Mehrere zeigten die konvexe Seite des Bogens nach rechts gerichtet. Die oberen vollzogen effektarme peristaltische Bewegungen. — Nach der bald erfolgten totalen Magenentleerung und der Vollendung des Sammelprozesses ward der Zustand erreicht, dessen Einzelheiten an der Photographie des betreffenden Darmes sichtbar sind.

Man bemerkt, daß das gesamte Wismuth an einer Stelle der rechten Bauchhälfte in einer größeren Dünndarmschlinge angesammelt ist. Diese Schlinge zeigt eine gerippte Struktur. Man weiß daher, daß sie dem Jejunum angehört. Aus der obigen Angabe, daß die Sammlung in diese Schlinge bald eingesetzt hat, kann man auch entnehmen, daß es sich um einen oberen oder mittleren Anteil des Jejunums handelt. Man sieht, daß die Schlinge ziemlich prall aufgefüllt ist — sie ist etwa drei Querfinger breit. Es fallen Ihnen auch die ziemlich steilen und nahe beieinander liegenden Windungen auf, die den plastischen Eindruck der Reaktion einer noch kräftigen Muskulatur erwecken. Die Füllung ist in allen Teilen gleichmäßig, an keiner Stelle ist der Dünndarm ampullenartig erweitert. Es fällt Ihnen schließlich auf, daß sie schraubenartig um eine kaudo-kephale Achse gewunden zu sein scheint. Ein wichtiges morphologisch-topographisches Detail ist auf der Platte nicht zu sehen, das man aber bei der Durchleuchtung wiederholt darstellen konnte. Das untere Ende dieser Schlinge war nämlich nicht immer kephalwärts, sondern kaudalswärts gerichtet und es war dabei bogenförmig so konturiert, daß die Innenseite des flachen Bogens ebenfalls kaudalwärts gerichtet war.

Diese erwähnten morphologischen-topographischen und funktionellen Einzelheiten weichen sowohl von der Norm als auch von manchen pathologischen Zuständen ab.

Es ist bekannt, daß für den praktischen Gebrauch in der Chirurgie einige konstante Typen des Ansatzes des Mesenteriums durch topographische-anatomische Studien festgestellt worden sind. Die Konstanz in der Lage der einzelnen Dünndarmabschnitte konnte auf radiologischem Wege in vielfach größerem Umfange und unter physiologischen Bedingungen erkannt werden.

Die Darmpartie nun, welche sie auf der rechten Seite gefunden haben, liegt in der Norm auf der linken Seite.

Die radiologische Beobachtung lehrt ferner, daß die gefüllten Dünndarmpartien im großen

und ganzen nach dem Prinzip angeordnet sind, daß sie verschieden großen Ringsegmenten gleichend, ihre konvexen Bogen nach abwärts richten und ihre inneren Bogen kopfwärts. Die oberen Dünndarmpartien pflegten normaliter durch rasche Entleerung aus dem Magen für einen Moment prall und in längerer Ausdehnung gefüllt werden zu können, jedoch ist dem durch gesteigerte Entleerung zeitlich und räumlich bald eine Grenze gesetzt, die tief unter der unseres Falles liegt.

Normaliter pflegt der Inhalt des Dünndarmes in den oberen Partien um so mehr verteilt zu werden, je tiefer er in demselben fortgeschritten ist.

Bei chronischen Passagestörungen pflegt der Darm zumindest oberhalb der Enge ampullenartig erweitert zu sein und dementsprechend nicht eine säulenförmige Füllung zu zeigen. — Bei Passagestörungen durch Verklebungen (Tbc.) pflegten die Dünndarmschlingen die Form längerer Zylinder darzubieten, wobei sie aber paarweise in U-Form oder in lagernder Flintenform zu erscheinen pflegten. Auch die überfüllten oberen Darmschlingen bei tiefen Darmstenosen pflegten in U-Form zu erscheinen. Daß aber eine tiefe Darmstenose in unserem Falle nicht vorliegt, ist schon aus dem Umstand zu erschließen, daß vor der Einnahme von Wismuth keine merkbar hohe Flüssigkeitsretention im Dünndarm nachgewiesen werden konnte, die soweit hinaufreichen würde, daß die Schlinge, in der das Wismuth sich staute, als oberstes Stück des retrograd aufgestellten Dünndarmes hätte angesehen werden können.

Aus diesen Bemerkungen können Sie schon entnehmen, daß die erwähnten radiologischen Wahrnehmungen zur Annahme eines akuten Passagehindernisses an dem erwähnten unteren Ende der oberen Jejunumschlinge berechtigten.

Allein der Umstand, daß dieses Ergebnis für die schätzenswerte, dem Falle zuteil gewordene klinische Beobachtung, als unerwartet bezeichnet werden durfte, die oben erwähnte Beschaffenheit der pars pylorica, welche auf das Vorhandensein von peritonitischen Adhäsionen hinwies, schließlich die Plastizität der Bewegungserscheinungen erregten den Wunsch, in den Zusammenhang der Phänomene tiefer einzudringen. Bei der Beobachtung hatte man den Eindruck eines eingerollten, derb-elastischen Schlauches von mittlerem Kaliber, dessen Teile sich infolge des raschen Hineinpumpens von Flüssigkeit bäumten und umlagerten, und die Vorstellung, daß der Dünndarm des Patienten irgendwie an die Bauchwand fixiert sei; schließlich den Gedanken, daß, wenn tatsächlich der Dünndarm unseres Patienten von früher her durch eine peritonitische Adhäsion an irgendeiner Stelle fixiert wäre, die durch die jüngst angelegte Gastro-Enterostomie bewirkte rasche Überfüllung des oberen Dünndarmes die bemerkten abnormen morphologischen und funktionellen Einzelheiten hervorrufen könnten, indem die Darmschlinge durch Fixation und durch eine mit einer solchen einhergehenden leichten Knickung verhindert wurde, die zur Bewältigung der abnormen Füllung notwendigen kompensatorischen Dehnungen, motorische und lokomotorische Aktionen auszuführen.

Diese teilweise konstruierte Anschauung sollte bald durch die Anamnese, die ich erst nachträglich genauer erheben konnte, einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit gewinnen.

Die Anamnese des Patienten lautete nämlich folgendermaßen: Im Oktober 1913 traten beim Patienten zum ersten Male stomachale Beschwerden heftigen Grades auf (Druckgefühl in der Magengegend — krampfartige Schmerzen in dieser Gegend, 4 bis 5 h nach der Mahlzeit, Steigerung der Beschwerden bei Fleischkost — Obstipation). Patient ist durch acht Wochen mit Medikamenten behandelt worden. Daraufhin stellt sich plötzlich ein Anfall von heftigen Bauchschmerzen mit Brechreiz und Bewußtseinstrübung ein.

Ein ärztliches Konsilium nahm eine Peritonitis an, worauf der Patient gleich laparatomiert worden ist. Acht Wochen nach der Operation ist der Patient geheilt entlassen worden.

Anfangs August 1914 bildete sich eine Bauchhernie in der Narbe aus, die ihm bei der Ausübung seines Berufes Hindernisse bereitete. Darauf unterzog sich der Patient am 7. September 1914 einer zweiten Laparotomie.

Bei dieser ist folgender autoptischer Befund erhoben worden: Verwachsungen zwischen

dem Dünndarmperitoneum und dem Peritoneum parietale, die sehr schwer zu lösen sind. Adhäsionen zwischen dem Pylorus, der Leber, dem Colon transversum und dem großen Netze. Am Pylorus befindet sich eine sternförmig geschrumpfte Narbe. Wegen der ausgedehnten Adhäsionen wird eine Gastro-Enterostomie retro-colica posterior angelegt.

Aus dem Verlaufe nach der Operation ist zu entnehmen, daß am 12. September die Nähte entfernt worden seien und daß der Patient am 4. September eine bräunliche Flüssigkeit erbrochen habe.

Tags darauf ist der Patient aus der chirurgischen Station auf die innere verlegt worden. Auf dieser wurde durch eine Dosis Papaverin (0.06) ein guter Effekt erzielt.

Aus der Anamnese ersehen Sie also, daß die postulierte Adhäsion bei dem Patienten vorlag und daß die Ileuserscheinungen erst zu einer Zeit aufgetreten sind, nachdem der Patient größere Nahrungsmengen zu sich nehmen durfte; daß aber anscheinend infolge der geringen Vehemenz und Konstanz der Ileuserscheinungen der Ileus übersehen und der Patient aus der chirurgischen Station entlassen worden ist.

Der Bericht über die Operation, welche der Erhebung des obigen Röntgenbefundes folgte, lautet nun folgendermaßen: Mediane Laparatomie, den Nabel links umkreisend. Es prolabiert sofort eine maximal gedehnte Dünndarmschlinge, die an ihrem unteren Ende an der Bauchwand in der Nähe der alten Narbe entsprechend dem Mac-Burnisch-Punkte eine breite etwa zweikronenstückgroße Adhäsion aufweist. Hier ist der Dünndarm abgeknickt und setzt sich als leerer kontrahierter Strang fort. Die Stelle ist etwa 1 m von der Plica Duodeno jejunalis entfernt. Die Lösung der Adhäsion nötigt zur Vernähung der Serosa.

Reposition des Darmes, Verschluß der Bauchhöhle. —

Ich glaube nun, daß auf Grundlage des dargelegten Materials der Fall folgendermaßen aufzufassen ist:

Der Patient trug seine zumindest ein Jahr alte Dünndarmadhäsion ohne wesentliche Beschwerden. Nach Anlegung der Gastro-Enterostomie — gelegentlich der operativen Entfernung seiner Bauchhernie — zeigte sich der obere Dünndarm infolge seiner Adhäsion, den durch die Überfüllung bei Einnahme größerer Mahlzeiten an ihn gestellten Anforderungen nicht gewachsen, wodurch es anfangs zu kürzer währenden später aber länger währenden Ileuserscheinungen gekommen ist. Diese Schwankungen erschwerten auch anscheinend die klinische Diagnose. —

Sie werden auch hiermit zugeben, daß man aus diesem Falle die Mahnung wird ableiten dürfen, bei der Anlage einer Gastro-Enterostomie den Adhäsionen des oberen Dünndarmes Aufmerksamkeit zu schenken.

Resumee:

1. Die klinische Ileusdiagnose ist unter Umständen sehr schwierig.

2. Die röntgenologische Untersuchung ermöglicht auch eine Ileusdiagnose des Dünndarmes.

3. Auch die Art- und Lokaldiagnose des Ileus im Dünndarme kann durch die Röntgenuntersuchung erzielt werden.

4. Eine neu angelegte Gastro-Enterostomie kann durch rasche Überfüllung des oberen Dünndarmes mit Hilfe einer latenten Disposition (Tumor, Stenose, Adhäsion) einen solchen hervorrufen.

5. Man hat daher bei der Anlegung einer Gastro-Enterostomie solchen zum Ileus disponierenden Momenten angemessene Aufmerksamkeit zu widmen.

Beitrag zur Kenntnis der Entwicklungsanomalien der Hand.

Von

Dr. **Vidor Révész,** Röntgenspezialarzt in Budapest,
d. Z. Assistenzarzt des k. u. k. Reservespitals Nr 1 in Esseg (Slavonien).

(Hierzu Tafel XI, Fig. a und b.)

Während meiner gegenwärtigen Tätigkeit im Kriege hatte ich Gelegenheit, eine Entwicklungsanomalie zu beobachten, die ich bisher noch nicht gesehen hatte, und, nachdem mir das Durchlesen der einschlägigen Literatur unter meinen heutigen Verhältnissen unmöglich ist, weiß ich auch nicht, ob sonst jemand schon Gelegenheit hatte, sie zu beschreiben. Jedenfalls fand ich sie interessant genug, um sie zu publizieren.

Ein 27jähriger Schneidergehilfe, der wegen der Difformität seiner Finger bei jeder bisherigen Stellung für untauglich erklärt wurde, kam vor die Überprüfungskommission. Derselbe hat nämlich an allen Fingern beider Hände, mit Ausnahme der Daumen, nur je zwei Glieder, und zwar ein längeres Grund- und ein kürzeres Endglied. Der kleine Finger der rechten Hand ist gänzlich steif. Die Beweglichkeit seiner Finger ist dadurch derart herabgesetzt, daß er, obwohl er sich als Dorfschneider sein tägliches Brot verdienen kann, auch in unserer heutigen weniger wählerischen Zeit für untauglich erklärt werden mußte.

Beim ersten Anblick konnte man außer den vorher beschriebenen Veränderungen weiter nichts bemerken, beim Betasten der Finger fanden wir jedoch bald am distalen Ende jeder Grundphalange eine Verdickung, die wir für die Verschmelzungsstelle der beiden gewesenen Phalangen hielten.

Auch das Röntgenbild bestätigte unsere Annahme.

Beim Betrachten der beiliegenden Röntgenphotographien werden uns folgende Veränderungen auffallen:

Der kleine Finger der rechten Hand (siehe Fig. a auf Tafel XI) besitzt eine außergewöhnlich lange Grundphalanx, eine sehr kurze, den Fußphalangen ähnliche mittlere — und eine normale Endphalanx. Alle drei Phalangen sind untereinander knöchern verbunden und zwar so, daß das Ende des Fingers sich in einer leichten Flexions- und Adduktionsstellung befindet. Die übrigen drei Finger haben ebenfalls eine lange Grund- und eine kurze, dicke, mittlere Phalanx, jedoch sind hier nur diese zwei miteinander verschmolzen, die Endphalangen sind dagegen an jedem frei. Die Fingerendglieder sind in einer sehr schwachen Flexionsstellung. Die zwei Phalangen des Daumens weisen keine Abnormität auf, hingegen finden wir sie am entsprechenden metacarpale. Dieses ist viel dicker und breiter, steht auf breiter Fläche mit dem metacarpale des Zeigefingers in Berührung und ist mit dem multangulum majus, ebenso auch mit dem multangulum minus ganz verwachsen. Die Bewegungen des Daumens geschehen nicht, wie normal, im Sattelgelenk des multangulum majus, sondern das multangulum minus bewegt sich zwischen der Basis des 2. Metacarpalknochens, dem os capitatum und dem os naviculare.

Eine geringe Beweglichkeit ist auch zwischen den Metacarpalknochen des Daumens und des Zeigefingers zu beobachten. Die übrigen metacarpalia sind normal.

Wie schon erwähnt, ist das multangulum majus mit dem metacarpale des Daumens verschmolzen, das multangulum minus ebenfalls deformiert und mit dem proximalen Daumenende (mit dem multangulum majus) verwachsen. Die übrigen Carpalknochen sind ebenfalls deformiert, ihre untereinander und mit den Metacarpalien gebildeten Gelenke sind jedoch frei. Der processus styloideus ulnae fehlt gänzlich, der processus styloideus radii ist abgestumpft.

An den drei mittleren Fingern der linken Hand können wir dasselbe, wie an denen der rechten beobachten (siehe Figur b auf Tafel XI), am Kleinfinger jedoch sind nur die Mittel- und Endphalanx miteinander verschmolzen.

Am Carpus sind fast dieselben Veränderungen, wie an der rechten Hand sichtbar.

Möglicherweise ist das metacarpale des Daumens nur mit dem multangulum majus ver-

wachsen, das multangulum minus jedoch zwischen das os capitatum und os naviculare eingekeilt und auch mit deren oberem Teile verschmolzen.(?) An der Linken ist es in seiner ganzen Länge mit ihnen verwachsen.(?)

Auch das wäre möglich, daß wir zwischen dem capitatum und naviculare das deformierte os centrale carpi sehen!

Der processus styloideus ulnae fehlt auch an der linken Hand, der des radius ist abgerundet.

Daß diese Veränderungen Entwicklungsanomalien und nicht die Folgen einer Erkrankung sind, kann nicht bezweifelt werden. Auch die Anamnese weist deutlich darauf hin.

Patient behauptet schon seit der Geburt mit jenen Veränderungen behaftet zu sein und dieselben sind auch an den Händen seiner Mutter und seiner Schwester zu finden. Die Schwester ist um 5 Jahre jünger als er und hat an beiden Händen ebensolche Finger. Der Mittel- und Ringfinger der linken Hand seiner Mutter sind ähnlicher Natur; an der Rechten ist der 4. Finger auch so, der kleine Finger ganz steif und der Mittelfinger auch ein wenig steif (nur in geringem Grade beweglich). Seine Großmutter mütterlicherseits hatte angeblich Gicht in den Händen und konnte ihre Finger, wenn sie einen Anfall hatte, nicht bewegen, sonst aber waren sie beweglich.

Es kann daher nicht bezweifelt werden, daß wir mit einer familiären Entwicklungsanomalie der Hand und des carpus zu tun haben. Im allgemeinen stoßen wir häufig auf die familiäre Ankylose des kleinen Fingers, eine solche sämtliche Finger (und Carpalknochen) betreffende Entwicklungsanomalie bekommen wir jedoch nur selten zu sehen. Sonst konnte ich weder an den Füßen des Patienten, noch anderswo an seinem Knochensystem bei flüchtiger Untersuchung weitere Entwicklungsanomalien nachweisen.

Eine Erklärung für diese Entwicklungsanomalie kann ich natürlich nicht geben. Unzweifelhaft ist, daß bei solchen Fällen die Veränderungen schon von den primären Knochenkernen ausgehen müssen, und zwar war in dem primären Knochenkerne der Grundphalange die Tendenz auf abnorm starker Entwicklung vorhanden und wurde dadurch wahrscheinlich einerseits die Entwicklung der mittleren Phalange gehemmt, andererseits verschmolzen dieselben miteinander. Doch weshalb sind sie auch am kleinen Finger nicht zusammengewachsen (an der linken Hand)? Weshalb ist auch der carpus deformiert und weshalb hat sich der processus styloideus ulnae nicht entwickelt? Nicht nur in den Grundphalangen, sondern auch in den Knochenkernen anderer Knochen ist der Grad der Entwickelung und vielleicht auch dessen Richtung gestört! Und was könnte die Ursache dieser Störungen sein? Vielleicht besteht doch irgendein Zusammenhang mit jener Krankheit der Großmutter, die man für Gicht hielt?

Auf noch eine Tatsache möchte ich die Aufmerksamkeit lenken! Die Metacarpalknochen sind alle normal, nur die Grundphalangen und der carpus ist verändert, sowie auch das metacarpale des Daumens! Was bedeutet das? Nichts anderes, als was auch die Embryologie betont und was mein gewesener Chef und Meister, Herr Doz. Dr. Bèla Alexander, Direktor des Universitäts-Röntgeninstituts in Budapest, durch viele mühevolle eingehende Untersuchungen nachgewiesen hat, daß nämlich das metacarpale des Daumens kein metacarpale, sondern eine Phalanx ist, d. h. daß auch der Daumen, geradeso wie die übrigen Finger, drei Phalange besitzt, und sein Metacarpalknochen der fehlende ist.

Da ich nicht ermächtigt bin, aus der Arbeit des Herrn Dr. Alexander [die übrigens noch nicht einmal erschienen ist[1])], zu zitieren, so will ich nur noch soviel hinzusetzen, daß sich der Grundphalanx des Daumens, was Zeit und Form anbelangt, ebenso entwickelt, wie die übrigen Phalangen (Grundphalangen), und daß bei einer Entwicklungsanomalie, wie das auch mein heutiger Fall beweist, wo alle Grundphalangen abnorm sind, auch die des Daumens keine Ausnahme macht.

Die Pathologie bestätigt uns daher das, auf was die Embryologie ganz klar deutet.

---

[1]) Anmerkung bei der Korrektur: Inzwischen ist Dozent Dr. Alexander am 15. Jänner gestorben.

Ziele und Probleme der Röntgenstrahlenmeßtechnik[1]).

Von

Dr. **Friedrich Voltz**, Nürnberg.

I. Einleitung.

Das Gebiet der Röntgenstrahlenphysik und in noch viel größerem Maße das Gebiet der Röntgenstrahlentechnik hat in den nunmehr 20 Jahren seit der Entdeckung der Röntgenstrahlen eine kaum geahnte Ausdehnung angenommen. Eine Fülle von Literatur, sowohl in physikalischer als ganz besonders in technischer und medizinischer Hinsicht ist auf diesem Sondergebiet entstanden. Vor allem ist es die medizinische Literatur, welche außerordentlichen Umfang angenommen hat. Diese Tatsache ist eben nur verständlich dadurch, daß gerade in der Medizin die Röntgenstrahlen sich einen ersten Platz erworben haben, wie wohl selten ein anderes Gebiet. Waren die Röntgenstrahlen kurze Zeit nach ihrer Entdeckung bereits für die Medizin ein hervorragendes und nicht mehr zu entbehrendes diagnostisches Hilfsmittel, so sind sie heute ein Heilmittel geworden, und zwar ein Heilmittel, welches Großes schon geleistet hat und zu noch größeren Hoffnungen berechtigt, vor allem zur Behandlung des Karzinoms.

Da nun, wie bemerkt, die Röntgenstrahlen in der Medizin ein Heilfaktor geworden sind, ist die einwandfreie und zuverlässige Strahlenmessung für die Praxis, also die medizinische Praxis, ganz besonders dringlich geworden. Jedes Medikament erfordert, wenn eine beabsichtigte Wirkung eintreten soll, genaue und damit erst das Resultat bestimmende Dosierung. Während man bei den meisten Medikamenten, insbesondere den chemischen Substanzen, in der Lage ist, sorgfältig zu dosieren, so daß man in einem gewissen Prozentsatz von Fällen auf sicheren Erfolg rechnen kann, ist dies bis heute bei den Röntgenstrahlen noch nicht der Fall. Die Ursache davon ist eben darin zu suchen, daß das Gebiet der Röntgenstrahlenmeßtechnik noch ein außerordentlich gering erforschtes ist und in der Praxis hier bis jetzt in den meisten Fällen rohe Empirie vorgeherrscht hat.

Wir besitzen in der Röntgenstrahlenmeßtechnik zum Beispiel über fünf Methoden, die allein dem Zwecke dienen, die Qualität der Röntgenstrahlen zu schätzen. Jede dieser Methoden beansprucht eine Reihe von Vorteilen für sich und eine große Anzahl von Publikationen in den verschiedensten Zeitschriften tritt für diese oder jene Methode als die bessere und zuverlässigere ein oder befaßt sich mit Vergleichsversuchen zwischen den einzelnen Meßmethoden.

Weit mehr Verfahren noch als die Technik der Qualimetrie der Röntgenstrahlen kennt jetzt die Technik der Messung der Quantität der Röntgenstrahlen. Diese Methoden, es sind wohl über 20, beruhen alle auf den als besondere Wirkungen der Röntgenstrahlen anzusehenden Effekten. Es sind dies, wie bekannt, die Wärmewirkung der Strahlen, ihre elektrischen Wirkungen und ferner die chemischen Veränderungen, welche die Röntgenstrahlen bei ihrem Auftreffen auf bestimmte Substanzen sichtbar hervorrufen. Auch in dieser Beziehung finden wir in der diesbezüglichen Literatur eine Menge von Arbeiten, welche die einzelnen Methoden zum Gegenstand haben und bei denen meistens die Vorteile einer Methode besonders unterstrichen werden, während die Nachteile der anderen Methoden im gegenteiligen Lichte betrachtet werden und somit ebenfalls wieder stark in Erscheinung treten. Diese große Anzahl der Verfahren zur Röntgenstrahlenmessung und die noch größere Anzahl ihrer Freunde oder Feinde ist allein ein Beweis, und zwar ein zuverlässiger Beweis für die Unsicherheit auf dem Gebiete der Röntgenstrahlenmessung, sei die Messung nun eine qualitative oder eine quantitative.

Es sei lediglich auf die von H. E. Schmidt in den „Fortschritten auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen" (123) publizierten Vergleichsversuche hingewiesen. H. E. Schmidt stellte, wie er dort beschreibt, Vergleiche an zwischen dem „Kienböckverfahren" einerseits und der

[1]) Aus der Strahlenforschungsstelle der Reiniger, Gebbert & Schall A.-G. Berlin-Erlangen, Leiter Dr. Th. Christen.

von Sabouraud und Noiré angegebenen Methode andererseits und stellt dabei fest, daß der Kienböckstreifen in den meisten Fällen seiner Versuche bedeutend mehr anzeigt, als die Sabouraud-Noiré-Pastille. Schmidt findet bei seinen Vergleichsversuchen eine völlige Regellosigkeit in den Beziehungen beider quantitativer Meßverfahren. Es lassen sich nach ihm die Werte der einen Methode in keinerlei zahlenmäßigem Zusammenhang mit den Werten der anderen Meßmethode bringen. Verfechter des Kienböckverfahrens behaupten, daß die großen von H. E. Schmidt gefundenen Differenzen ihre Ursache in falscher Ablesetechnik hätten. Demgegenüber finden wieder andere Autoren eine bestimmte gesetzmäßige Relation zwischen den Angaben der Kienböckstreifen und denen der Sabouraud-Noiré-Pastillen.

H. E. Schmidt stellte in der erwähnten Publikation ferner die Behauptung auf, daß die falschen Angaben, die mittels des Kienböckstreifens erzielt werden, die Ursache waren und sind, daß manche Fabrikanten von Röntgenapparaten besonders hohe Leistungsangaben ihrer Systeme zu machen in der Lage waren und diese Tatsache geschäftlich ausbeuteten.

Wie dem nun aber auch sei, wenn das von Kienböck angegebene Meßverfahren tatsächlich mit derartigen Fehlerquellen behaftet wäre, wie die Versuche von H. E. Schmidt vermuten lassen, so läge in diesen Fehlerquellen die Möglichkeit der Irreführung des Arztes einerseits, da er sich auf Grund der falschen Leistungsangaben des Apparates evtl. zum Ankauf einer Type entschließt, die in Wahrheit nicht das hält, was sie verspricht.

Andererseits ergibt sich hieraus auch die Möglichkeit der Schädigung des Patienten, wenn der Arzt sowohl auf Grund der Angaben dieses Verfahrens bestrahlt als auch seinen Apparat im Hinblick auf diese Angaben in seiner Leistung über- oder unterschätzt.

Die weitere Folge wäre dann auch die, daß evtl. sich einstellende Mißerfolge oder Schädigungen von Patienten zu einer Mißkreditierung des ganzen Verfahrens führen könnten.

Aus allen diesen Publikationen und aus den allen diesen Publikationen zugrunde liegenden Arbeiten geht auf alle Fälle aber hervor, was wir zu Beginn bereits kurz bemerkt haben, nämlich wie sehr wir auf dem Gebiete der praktischen Röntgenstrahlenmessung im Dunkeln tasten und wie weit wir noch davon entfernt sind, eine einheitliche qualitative und quantitative Meßmethode zu besitzen. Ein Teil der Ursache der Unsicherheit der Röntgenstrahlenmessung in der Praxis hat aber auch seine Ursache in der Eigentümlichkeit des Gebietes selbst. Die praktische Röntgenkunde und hier insbesondere wieder die Röntgentherapie stellt ein gar eng verknüpftes Gebiet zwischen Physik, Medizin und Technik dar. Der Physiker aber hat sich bis jetzt nicht oder nur sehr wenig mit der praktischen Röntgenphysik beschäftigt; es sind nur einige Physiker, die hier in der Praxis stehen. Der Physiker hat wohl für seine speziellen Untersuchungen auf diesem Gebiete Methoden zur Messung der Strahlen ausgearbeitet und zu hoher Vollendung gebracht; diese Methoden sind jedoch Eigentum seines speziellen Gebietes geblieben und sie sind aus dem Laboratorium fast nicht hinausgekommen, um in der Praxis Verwendung zu finden. Die praktische Röntgenphysik ist vielmehr bis jetzt in der Hauptsache von dem Techniker ausgearbeitet worden, der seinerseits wieder wenig oder fast gar keine Kenntnisse hatte von den speziellen Forschungen der Röntgenphysik und von den speziellen Arbeitsmethoden, die wir soeben erwähnt haben und von denen wir sagten, daß sie der Physiker zu hoher Vollendung gebracht hat.

Eben dieses geringe Zusammenarbeiten zwischen Physiker und Techniker trägt zum großen Teil, wenn nicht überhaupt, die Schuld für die Unsicherheit der praktischen Röntgenstrahlenmeßeinrichtungen und ist direkt die Ursache dafür, daß in der Praxis sich Strahlenmeßeinrichtungen vorfinden, die den physikalischen Bedingungen, die man an eine Meßeinrichtung stellen muß, nicht in allen Beziehungen oder gar nicht genügen.

Die Röntgentherapie ist nun dasjenige Gebiet, auf dem die Zusammenarbeit des Mediziners und Physikers dringend notwendig ist. So ist, um nur eines zu erwähnen, besonders das Sekundärstrahlenproblem für die Röntgentherapie außerordentlich wichtig, ja geradezu grundlegend, denn letzten Endes muß man alle Wirkungen, die man als besondere Wirkungen der

Röntgenstrahlen ansieht, also auch die chemisch-biologische Wirkung der Strahlen, auf die Sekundärstrahlung als erste und wirkliche Ursache zurückführen, Gründe, auf die wir noch des näheren eingehen werden. Das Gebiet der Sekundärstrahlen ist bekanntlich von bedeutenden Physikern, wie Barkla, Sadler (10, 11) und anderen, glänzend durchgearbeitet worden, hat jedoch erst in den letzten Jahren Beachtung in der Röntgentherapie erlangt, jedoch leider immer noch nicht in dem Ausmaße, wie es eigentlich der Fall sein müßte im Hinblick darauf, daß es eben wahrscheinlich ist, daß die wirkliche Ursache der biologischen Wirkung die Sekundärstrahlenbildung ist. Wir wollen gelegentlich der vorliegenden Untersuchungen auch bemüht sein, die volle Bedeutung des Sekundärstrahlenproblems für die Röntgentherapie zu zeichnen.

Die Differenzen in den Angaben der einzelnen Röntgenstrahlenmeßmethoden, die sich durch die ganze Literatur wie ein roter Faden hindurchziehen, haben, da die Röntgenstrahlen in der Therapie ohne Zweifel große Bedeutung erhalten haben, ergeben, wie notwendig es ist, eine einwandfreie Dosimetrie zu besitzen und auf Grund dieser arbeiten zu können. Außerdem ist es aber auch, wenn wir die große Anzahl der Meßmethoden bedenken, erwünscht, eine einzige einheitliche Meßmethode zu schaffen, die neben der Bedingung der Einheitlichkeit eben in allen Beziehungen physikalisch einwandfrei ist. Aus dieser Erkenntnis heraus hat Levy-Dorn auf dem Röntgenkongreß 1914 die Gründung einer „Sonderkommission für Dosimetervergleich" angeregt. Dem Antrag von Levy-Dorn wurde bekanntlich auch stattgegeben und es wurde zu dem erwähnten Zweck eine Kommission eingesetzt. Ziel und Aufgabe dieser Kommission sollte sein, die einzelnen vorhandenen und gebräuchlichen Dosimeter untereinander zu vergleichen und zu prüfen, ob ihre Verwendung zweckdienlich sei oder nicht. — Der Aufruf von Levy-Dorn war auch für mich der Anlaß zu einer Arbeit über „Röntgenstrahlenmeßeinrichtungen und deren Vergleich", welche in den „Fortschritten auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen", Band XXIII, Heft 6 (135) erschienen ist. Für diese Arbeit wurden von mir eine Reihe von Versuchen in der für die Arbeiten der Kommission gezeichneten Richtung angestellt. Ich habe diese Versuche in der erwähnten Arbeit teilweise beschrieben. Inzwischen habe ich im gleichen Sinne weitergearbeitet und baute dabei auf frühere noch nicht veröffentlichte Untersuchungen von mir über „die Permeabilität der Elemente für Röntgenstrahlen", die mir hierfür außerordentlich wichtig erschienen und die demnächst gesondert im Druck erscheinen, auf. Inzwischen sind nun auch die ersten und zweiten Berichte der „Sonderkommission für Dosimetervergleich" erschienen und ich habe diesen Berichten eine Reihe von Anregungen zu verdanken, welche ich in der vorliegenden Arbeit bereits verwertet habe. Da das Thema der vorliegenden Arbeit mit der seinerzeitigen Arbeit über „Röntgenstrahlenmeßeinrichtungen und deren Vergleich" eng zusammenhängt, so habe ich der einheitlichen Behandlung wegen eine Reihe von Abschnitten der erwähnten Arbeit in die vorliegende Arbeit aufgenommen und soweit es notwendig erschien, diese Abschnitte erweitert und durch neuere Untersuchungen ergänzt und ausgebaut.

II. Zweck und Aufgabe der Dosimetrie.

Die praktische Röntgenstrahlenmessung soll die auf das zu beeinflussende Gebilde, wie z. B. das menschliche Gewebe, im allgemeinen die Zelle, auftreffende Strahlenenergie bzw. das in dem betreffenden Gewebe zur Absorption kommende Energiequantum der Röntgenstrahlen in richtigem Maße abschätzen lehren, so daß man auf Grund empirischer Vergleichsversuche, wie sie bei jeder anderen Dosierung auch vorauszugehen haben, einen gewünschten biologischen Effekt jederzeit unter gegebenen gleichen Bedingungen wieder reproduzieren kann.

Die das zu beeinflussende Gebilde durchlaufende Strahlenenergie ist dabei sowohl qualitativ als quantitativ zu messen; denn die in den Zellen absorbierten Strahlen führen den von uns gewollten biologischen Effekt herbei. Bei diesem Vorgang haben wir es mit einer Energie-

transformation zu tun, wie wir überhaupt das ganze vorliegende Gebiet rein energetisch behandeln müssen und haben demgemäß Ursache und Wirkung zu unterscheiden. Direkte Ursache ist immer die von der Röhre ausgehende Röntgenstrahlung. Bei der Wirkung als dem Effekt haben wir jedoch zweierlei zu unterscheiden, nämlich einmal die physikalisch-chemische Wirkung auf das Meßgerät, das andere Mal die chemisch-biologische Wirkung auf den Körper, im allgemeinen wieder auf die Zelle.

Aufgabe der Dosimetrie ist es deshalb, an Hand der Wirkung der Röntgenstrahlen auf das Meßgerät, also der physikalisch-chemischen Wirkung der Röntgenstrahlen die chemisch-biologische Wirkung der Röntgenstrahlen, also ihre Wirkung auf die Zelle zu messen, und zwar, wie wir bereits bemerkten, auf Grund der empirischen Vergleichsversuche, die auch hier der praktischen Anwendung vorauszugehen haben.

Es ist ohne weiteres ersichtlich, daß ein Vergleichen der chemisch-biologischen Wirkung der Strahlen auf die Zelle und ihrer physikalisch-chemischen Wirkung auf das Meßgerät mit großen Fehlerquellen verknüpft sein muß, allein deswegen, weil wir über die biologische Wirkung der Röntgenstrahlen noch zum größten Teil im Unklaren sind und wir den Vorgang bis jetzt in keine gesetzmäßige Form bringen konnten, wiewohl wir andererseits bestimmt annehmen dürfen, daß auch die biologische Wirkung der Röntgenstrahlen zurückzuführen ist auf die Bildung von Elektronen innerhalb der Zelle, wobei dann die kinetische Energie dieser Elektronen für die Umformungen innerhalb der Zellen bzw. der Zellensysteme bedingend ist. Hierauf werden wir später noch ausführlicher eingehen. Wollen wir also die chemisch-biologische Wirkung der Röntgenstrahlen auf die Zelle an Hand ihrer Wirkung auf das Meßgerät einigermaßen so abschätzen können, daß man mit einem gewissen Grad von Wahrscheinlichkeit den Effekt bestimmen kann, so muß naturgemäß die Einwirkung der Strahlen auf das Meßgerät bekannt sein und Fehlerquellen in den Angaben des Meßgerätes dürfen nicht auftreten. In einem Punkt also müssen Irrschlüsse ausgeschaltet werden.

Aus dieser kurzen Überlegung ergibt sich für uns ferner die Einteilung und Behandlung unseres Themas. Wir haben, um es nochmals zu bemerken, zu unterscheiden zwischen Ursache und Wirkung, wobei wir die Wirkung einteilen müssen, einmal in die Wirkung auf das Meßgerät, das andere Mal in die Wirkung auf die Zelle. Diese beiden Wirkungen sind aber auf die eine und gemeinsame Ursache zurückzuführen. Wir werden im Verlauf dieser Arbeit auch in einen Vergleich beider Wirkungen eintreten und werden versuchen, die beiden in gesetzmäßige Beziehungen zueinander zu bringen. Hierfür bilden dann die zu Eingang bereits kurz bemerkten Untersuchungen über die Permeabilität der Elemente für Röntgenstrahlen die Grundlage. — Wir haben im Anfang der Einleitung auch gesagt, daß bei der Behandlung des vorliegenden Gegenstandes viele Punkte hereinspielen werden, die einerseits allgemein bekannt sind, andererseits bereits in der erwähnten Arbeit über „Röntgenstrahlenmeßeinrichtungen und deren Vergleich" behandelt wurden oder überhaupt in der Fachliteratur bereits zur Darstellung gekommen sind. Wir haben aber diese Punkte, ebenso wie einige Kapitel der erwähnten Arbeit des Zusammenhanges wegen und der Klarheit der vorliegenden Untersuchungen halber nochmals behandeln müssen und haben dieselben auch, wo es notwendig erschien, erweitert und durch neuere Untersuchungen ergänzt.

III. Die Ursache und ihre Energieform.

Ursache ist in unserem Falle immer die Röntgenstrahlung; — wir können hier auch die Gammastrahlung des Radiums bzw. des Mesothoriums mit in die Betrachtung ziehen, da ja diese beiden Strahlungsarten ihrer Natur nach identisch sind mit der Röntgenstrahlung und lediglich durch die Größe ihrer Wellenlänge differieren. Die Röntgenstrahlung stellt als physikalischer Vorgang eine besondere Form von Energie dar. Diese besondere Art physikalischer Energie löst diejenigen Wirkungen alle aus, die wir als besondere Wirkungen der Röntgenstrahlen

anzusehen gewohnt sind. Wenn wir aber Ursachen beurteilen wollen und ihre Beziehungen zu den Wirkungen wieder untersucht werden sollen, so muß selbstverständlich die Natur der auslösenden Energie einer besonderen Betrachtung unterzogen bzw. der einzelne die Wirkungen auslösende Vorgang studiert werden.

Bei allen unseren Untersuchungen und Betrachtungen müssen wir davon ausgehen, daß die von der Röntgenröhre kommenden Strahlen sowohl als auch die Gammastrahlen der radioaktiven Substanzen, wie des Radiums und des Mesothoriums Lichtstrahlen sind, ebensosehr, wie die Lichtstrahlen, die wir in unserem Auge als Licht empfinden und die wir gemeinhin als Lichtstrahlen bezeichnen. Sie ordnen sich in das bekannte elektromagnetische Spektrum nach dem Spektralbezirk des ultravioletten Lichtes mit einer ziemlich großen Pause ein. Sie unterscheiden sich von den Strahlen des sichtbaren Spektrums damit lediglich durch ihre Wellenlänge, indem sie bedeutend kurzwelliger sind als die kurzwelligsten Strahlen des ultravioletten Gebietes des Spektrums. Ihre Wellenlänge gehört angenähert der Größenordnung 10^{-9} cm an, während das ultraviolette Gebiet des Spektrums im äußersten Teile angenähert der Größenordnung 10^{-6} cm angehört. Nach den neuesten Messungen und Feststellungen liegt das Spektrum eines technischen Röntgenrohres im Wellengebiet von $\lambda = 4{,}86 \cdot 10^{-9}$ bis $3{,}07 \cdot 10^{-9}$ cm. Auch Strahlen, deren Wellenlänge $\lambda = 3{,}04 \cdot 10^{-8}$ cm ist, wurden beobachtet. Das von der Röntgenröhre ausgehende Strahlengemisch hat, wie wir hieraus ersehen, durchaus nicht eine einheitliche Wellenlänge, sondern eine Röntgenröhre sendet aus Gründen, die wir noch sehr eingehend behandeln müssen, ein Gemisch von Strahlen ganz verschiedener Wellenlänge aus. Wir erhalten hier im elektromagnetischen Spektrum einen relativ ausgedehnten Spektralbezirk. Laue berechnete, daß die Ausdehnung des Röntgenstrahlenspektrums zwischen $1{,}27 \cdot 10^{-9}$ cm und $4{,}8 \cdot 10^{-9}$ cm liegen dürfte.

Es scheint aber, daß nach den ebengenannten neuesten Feststellungen sowohl die obere Grenze als auch die untere Grenze des von Laue berechneten Wellengebietes praktisch überschritten wird.

Röntgenstrahlen entstehen bekanntlich dann, wenn Kathodenstrahlen auf irgendeinen materiellen Körper auftreffen und ihre kinetische Energie hier gebremst wird. Kathodenstrahlen sind nichts anderes als Elektronenströme und der Vorgang der Röntgenstrahlenerzeugung ist hierbei der, daß die Elektronen in der Röntgenröhre infolge der an der Röhre anliegenden treibenden elektrischen Kräfte an der Kathode Energie aufgenommen haben und diese Energie zum Aufbau eines Kraftfeldes verwandten. Von diesem Felde werden die Elektronen auf ihrem Fluge von der Kathode zur Antikathode begleitet. Bei dem Zusammenstoß eines Elektrons mit einem Atom bzw. mit dessen Kraftfeld wird das ankommende Elektron auf der Kathode verzögert und ein Teil der Energie des Elektrons aus dem zusammenbrechenden Kraftfelde des Elektrons stammend, geht als elektromagnetischer Impuls, id est als Röntgenimpuls in den Raum hinaus. Aus dieser kurzen Betrachtung ergibt sich bereits, daß die Wellenlänge des Röntgenimpulses gegeben ist durch die Art des Bremsvorganges, die Heftigkeit, mit der er erfolgt, also durch die Art, wie das auf die Antikathode aufprallende Kathodenstrahlenelektron verzögert und gebremst wird. Die aus dieser Betrachtung resultierende Grundgleichung der Röntgenphysik lautet, wie bekannt, in ihrer einfachen Form

$$\lambda = v \cdot \tau, \tag{1}$$

es ist mit anderen Worten die Wellenlänge definiert und gegeben durch die Geschwindigkeit v des Kathodenelektrons einerseits und durch die Bremszeit τ andererseits.

Kathodenstrahlengeschwindigkeit und Bremszeit stehen naturgemäß in einem ganz bestimmten gesetzmäßigen Zusammenhang. Die Kathodenstrahlengeschwindigkeit ist nun einerseits wieder eine direkte Funktion der an der Röhre anliegenden und zur Wirkung kommenden Spannung, so daß auch zwischen der Impulsbreite des Röntgenstrahles und der Spannung eine direkte Beziehung besteht. Wir können sagen, die Wellenlänge eines Röntgenstrahles ist eine direkte Funktion des momentanen Spannungswertes.

Es ist

2) $$\lambda = f(V_{\mathrm{mom.}}).$$

Vom Gasdruck in der Röhre, d. h. also von dem Grade der Luftleere in der Röhre, ist die Härte einer Röntgenstrahlung nur indirekt abhängig, insofern, als eben der Gasdruck in der Röhre die Spannungswerte an ihr beeinflußt.

Der Zusammenhang zwischen der Wellenlänge eines Röntgenstrahles und der Röhrenspannung wird durch die folgende Betrachtung noch klarer.

Es ist die Geschwindigkeit der Kathodenstrahlenelektronen eine Funktion der Röhrenspannung. Es gilt somit die Gleichung:

3) $$v = f(V_o),$$

wobei in dieser Gleichung v die Geschwindigkeit des Elektrons bedeutet und V_o die Röhrenspannung. Bezeichnen wir die Energie eines Kathodenstrahlenelektrons mit E^o, so ist:

4) $$E^o = v \cdot e,$$

oder, da Gleichung 3 giltig ist:

4a) $$E^o = V_o \cdot e,$$

wobei e die Ladung eines Elektrons ist. Nach den neuesten Messungen ist:

5) $$e = 4{,}71 \cdot 10^{-10} \text{ elektrostat. Einheiten.}$$

Nach der Planckschen Quantentheorie kann von einer Strahlungsquelle ein Strahl bestimmter Wellenlänge erst dann ausgesandt werden, wenn in der Strahlungsquelle die Energie E_o aufgespeichert ist und für welche die Beziehung gilt:

6) $$E_o = \frac{h \cdot c}{\lambda}.$$

In dieser Gleichung bedeutet h die bekannte Plancksche Konstante, welche gleich ist $6{,}47 \cdot 10^{-27}\, C^2\, GS^{-1}$; c ist die Lichtgeschwindigkeit.

Aus den Gleichungen 4a und 6 ergibt sich, da $E_o = E^o$ ist

7) $$V_o \cdot e = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

oder:

8) $$V_o = \frac{h \cdot c}{e \cdot \lambda}$$

und

9) $$\lambda = \frac{h \cdot c}{V_o \cdot e}$$

Aus den Relationen 8 und 9 ergibt sich der Zusammenhang zwischen Wellenlänge und Röhrenspannung, welchen wir in Gleichung 2 als Funktion definierten.

Von jeder Röntgenröhre werden so viele Strahlen verschiedener Wellenlänge ausgehen, als an der Röhre momentane Spannungswerte anliegen und zur Wirkung kommen. Ist daher die Wellenlänge der Röntgenstrahlen durch die momentanen Spannungswerte definiert, so ist die Zusammensetzung des Röntgenstrahlengemisches in bezug auf die Strahlen verschiedener Wellenlänge, allgemein also das Spektrum der Röntgenstrahlen durch den Verlauf der Spannungskurve an der Röntgenröhre relativ bestimmt, wie wir bereits eingangs bemerkten. Die Beobachtung der Spannungskurve bzw. deren Verlauf gibt uns ein hinreichendes Maß für die Beurteilung der Zusammensetzung eines ungefilterten Röntgenstrahlengemisches. Eine Änderung des Spannungsverlaufes an der Röntgenröhre wird in jedem Falle auch eine Änderung der spektralen Verteilung zur Folge haben, und umgekehrt.

Zwischen der Stromkurve an der Röntgenröhre und der Spannungskurve bestehen ganz bestimmte gesetzmäßige Beziehungen. Wir kommen später auf diesen Zusammenhang noch eingehend zurück. B. Ludewig hat denselben in seiner Arbeit über „Das Verhalten der Röntgenröhre im praktischen Röntgenbetrieb“, Physikalische Zeitschrift, Bd. 16, Nr. 23 (93),

einer theoretischen Untersuchung unterzogen. Auch von meiner Seite schweben gegenwärtig noch Versuche, denen ich heute bereits entnehmen darf, daß wir die Form der Stromkurve in ganz analogen Beziehungen zu der Form der Spannungskurve stehend betrachten dürfen. Es wird also in jedem Falle auch eine Änderung der Stromkurve während des Betriebes eines Röntgenrohres, und zwar eine Änderung der Form der Stromkurve eine Änderung der spektralen Zusammensetzung des Röntgenstrahlengemisches herbeiführen und, wie bestimmt anzunehmen ist, wird diese Änderung proportional der Änderung der Spannungskurve vor sich gehen.

Wir können somit, und das ist für uns heute bereits eine außerordentlich wichtige Tatsache, aus dem jeweiligen momentanen Verlauf des Entladungsvorganges einen Schluß ziehen auf die Zusammensetzung des Strahlenspektrums bzw. können wir auf Grund der Größe und der Form der Veränderung auf die Verschiebungen innerhalb des Röntgenstrahlengemisches schließen.

Da wir also diese Annahme, die sich durch Versuche, die wir später beschreiben werden, als gerechtfertigt zeigen wird, machen dürfen, so müssen wir zweckmäßig während des Betriebes eines Röntgenrohres den Entladungsvorgang dauernd kontrollieren, wollen wir uns ein Bild von der jeweiligen Zusammensetzung des Strahlengemisches machen.

Zur Untersuchung und Feststellung dieser Kurven verwandte man bis jetzt die sogenannten Gehrkeschen Glimmlichtröhren verschiedener Konstruktion, wobei bei den einen Konstruktionen die Elektroden aus dünnen Stäben bestehen, während sie bei anderen Konstruktionen aus breiten Lamellen hergestellt werden. Diese Röhren ordnete man an entsprechenden Stellen vor einem schnell rotierenden Spiegel an. Das Glimmlicht der Röhre wurde dann in bekannter Weise durch die schnelle Rotation des Spiegels in das Kurvenbild auseinander gezogen. Der Nachteil dieser Methode war aber der, daß das im Spiegel erscheinende Kurvenbild nur von ganz bestimmten Punkten des Raumes aus und auch da nur wieder in Teilerscheinungen und als unruhiges, flackerndes Bild zu beobachten war. Die Betrachtung der Entladungsvorgänge konnte lediglich im verdunkelten Raum vor sich gehen, da das Glimmlicht im Spiegel eine große Lichtschwächung erleidet und infolgedessen bei störenden Lichterscheinungen nur schwer zu beobachten ist. — An eine photographische Festhaltung der Kurvenbilder konnte man auch nur bei vollkommener Abdunkelung denken.

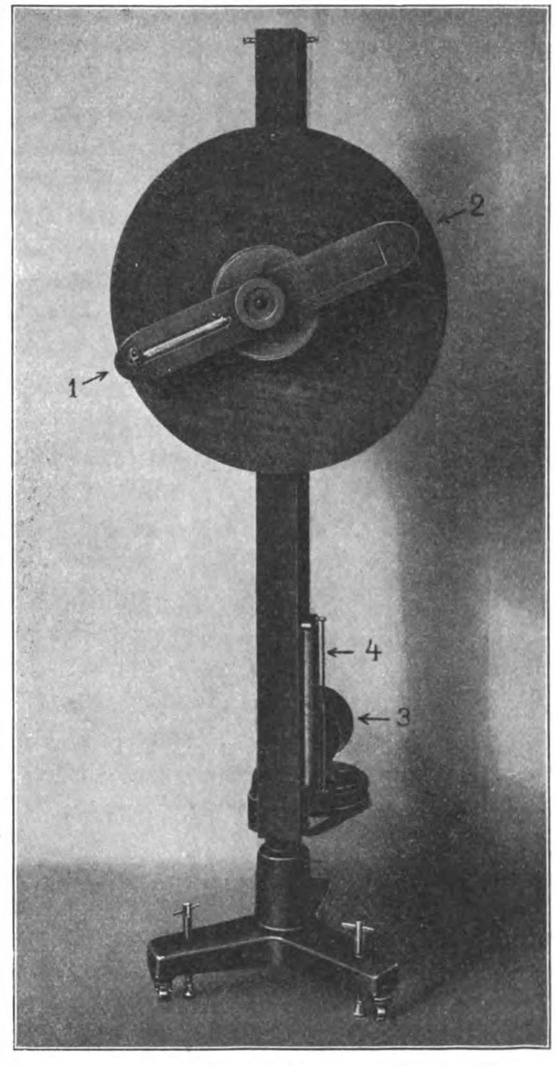


Abb. 1.

Anläßlich von Versuchen, diese eben beschriebene Schwierigkeit zu beheben, dachte ich daran, daß es doch möglich sei, die Glimmlichtröhre ähnlich rotieren zu lassen, wie man die Heliumröhre beim Flemingschen Schwingungsanalysator rotieren läßt. Diesen Gedanken führte ich auch durch und baute auf diesem Prinzip einen Kurvenindikator, den ich gemeinsam mit Janus im Heft 7, Bd. 16 der „Physikalischen Zeitschrift“ beschrieb (131).

Die Abbildung 1 zeigt uns den Apparat, der in der Zwischenzeit allerdings wieder eine Reihe von Verbesserungen erfahren hat, die sich sowohl auf seine Form als seinen Aufbau beziehen. Hierüber wird voraussichtlich in Bälde gesondert berichtet werden.

Eine Glimmlichtröhre besonderer Konstruktion mit Stabelektroden ist in einen Flügel eingebaut, und zwar derart, daß die Glaswand der Röhre mit dem Flügel zusammen eine einzige Fläche bildet und damit der Luft keinerlei Widerstand mehr bieten kann. Der Flügel wird durch einen besonderen Motor in rasche Rotation versetzt. Die Tourenzahl des Motors ist durch einen in den Stromkreis eingebauten Regulierwiderstand beliebig fein einstellbar. Die Zuleitungen des Hochspannungskreises erfolgen durch die Achse des Flügels einerseits und durch einen mit dem anderen Pol der Glimmlichtröhre verbundenen Schleifring andererseits. Die Stromzuführung zu dem Schleifring erfolgt dadurch, daß auf dem Ring eine Kohlebürste schleift, die mit dem Hochspannungskreis in leitender Verbindung steht.

Der Flügel kann also während des Betriebes der Glimmlichtröhre in rasche Rotation versetzt werden und der Glimmlichtröhre wird während des Betriebes dauernd der Strom zugeführt. Dadurch wird dann das Glimmlicht der Röhre zum Kurvenbild auseinandergezogen, wobei allerdings zu beachten ist, daß infolge der radialen Entstehungsform Verzerrungen der Kurvenbilder entstehen.

In Anbetracht der Tatsache, daß man bei dieser Vorrichtung stets eine Reihe von Entladungsvorgängen beobachten kann, ist man bei der Feststellung von Veränderungen nicht nur auf Teilerscheinungen beschränkt, sondern kann diese Veränderungen im Zusammenhang mit anderen Vorgängen bequem studieren.

Durch Regulierung an dem Widerstand des Motorkreises läßt es sich erreichen, daß der Flügel synchron mit dem Unterbrecher bzw. mit dem Motor des Hochspannungsgleichrichterapparates läuft. Das Kurvenbild bleibt dann vor dem Auge des Beschauers stehen, kann ruhig betrachtet und ohne besondere Schwierigkeiten mit jedem gewöhnlichen photographischen Apparat im Bilde festgehalten werden. Die im nachstehenden abgebildeten Kurvenbilder sind auf diese Weise gewonnen worden. Bei den Aufnahmen ist es allerdings, um klare und scharfe Kurvenbilder zu erhalten, erwünscht, ein besonders lichtstarkes Objektiv anzuwenden, da es sich bei diesen Aufnahmen teilweise um Lichterscheinungen handelt, die einen ziemlich großen Anteil an photographisch wenig wirksamen Strahlen enthalten.

Ich habe mit dieser Methode eine ganze Reihe von Hochspannungskreisen unter den verschiedensten Versuchsbedingungen untersucht und den Anfang dieser Arbeiten teilweise mit Janus bereits beschrieben, und zwar in der „Physikalischen Zeitschrift“, Bd. 16, Heft 11 (134). In der Zwischenzeit habe ich gesondert von Janus weitere Untersuchungen angestellt, insbesondere über den Einfluß der Form der Entladung auf die Heterogenität des Strahlengemisches und werde ich auf die Resultate dieser Versuche in einem späteren Kapitel ausführlich eingehen.

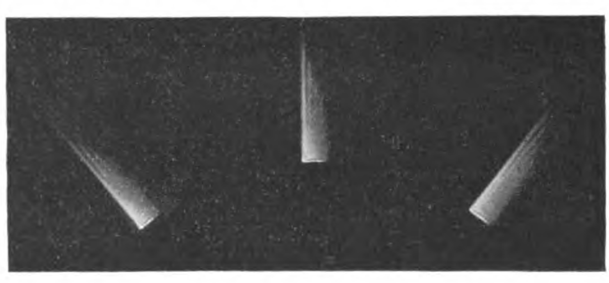


Abb. 2.

Die nächste Abbildung 2 zeigt uns die Entladungskurve eines Funkeninduktoriums mit Unterbrecherbetrieb. Die Röntgenröhre war mit der rotierenden Glimmlichtröhre in Serie geschaltet. Die Härte der Röntgenröhre war dabei ungefähr 9 Bauer-Grade. Auf dem Bilde können wir deutlich den eigentlichen Kurvenverlauf ersehen und das Abfallen vom Maximum zur Nullinie studieren. Das eigentliche Kurvenbild zerfällt für sich in eine Reihe von Partialentladungen. Den Einfluß dieser Partialentladungen auf das gesamte Strahlengemisch bzw. dessen Zusammensetzung werden wir später eingehend diskutieren. Hier wollen wir nur die abgebildeten Kurven kurz beschreiben.

Die Abbildung 3 zeigt uns das Bild eines sinusförmigen Wechselstromes, der einem eisengeschlossenen Transformator entnommen ist. Die Aufnahme zeigt charakteristische Abstufungen an den einzelnen Kurven. Diese Abstufungen sind auf die Nutung des Ankers der Gleichstrom-Wechselstrommaschine zurückzuführen, von der aus der Primärkreis des Transformators gespeist wurde. Diese Abstufungen sind beim Betrachten des Kurvenbildes direkt an der rotierenden Röhre noch weitaus deutlicher zu erkennen.

Zum Betriebe von Röntgenröhren verwendet man neben dem normalen Funkeninduktorium mit Unterbrecherbetrieb bekanntlich auch sogenannte Hochspannungsgleichrichter-Apparate, bei denen der hochgespannte Wechselstrom eines meist eisengeschlossenen Transformators, dessen Verlauf wir in der vorhergehenden Abbildung studieren konnten, durch eine umlaufende, im Hochspannungskreis befindliche Schaltvorrichtung in hochgespannten intermittierenden Gleichstrom umgewandelt wird.

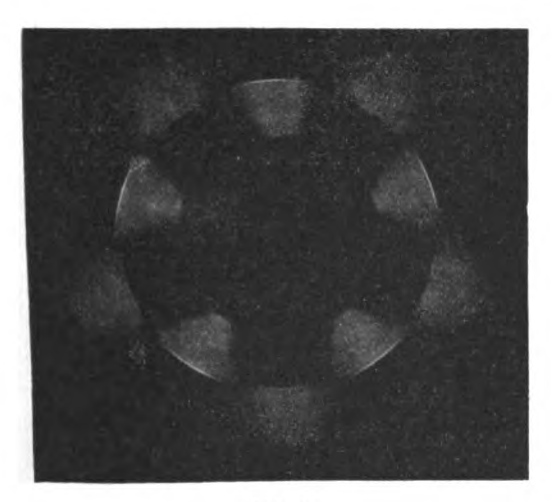


Abb. 3.

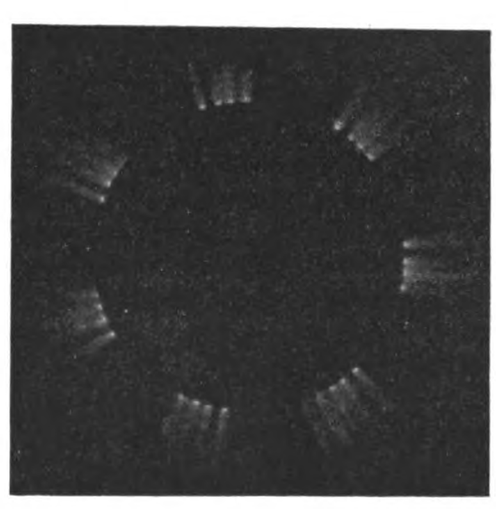


Abb. 4.

Die Aufnahme in Abbildung 4 wurde nun dadurch gewonnen, daß die rotierende Glimmlichtröhre wiederum in Serie mit einer Röntgenröhre geschaltet wurde. Aus der Aufnahme ist ganz deutlich zu erkennen, daß die einzelnen Impulse des intermittierenden hochgespannten Gleichstroms in mehrere Zackungen zerrissen werden. Bei dem vorliegenden Photogramm sind es in jeder Hauptentladung 4 Einzelzackungen. Das Zerreißen der Hauptentladung in Teilentladungen hat seine Ursache in der Funkenbildung an der rotierenden Schaltvorrichtung des Hochspannungskreises.

Bei den meisten Hochspannungsgleichrichter-Apparaten ist es möglich, von den 100 Stromimpulsen, welche sich aus den 50 Perioden eines Wechselstromes ergeben, 50 abzuschalten, um größere Pausen zwischen den durch die Röhre gehenden Entladungen für die Röhrenschonung zu erhalten, und dies aus Gründen, die wir später noch behandeln werden und die auch von Ludewig in seiner Arbeit, „Das Verhalten der Röntgenröhre im praktischen Röntgenbetriebe“, Phys. Zeitschrift, Bd. 16, Nr. 3 genannt wurden (93). Dabei werden 50 Impulse der Röntgenröhre zugeführt, während die dazwischenliegenden Impulse, ebenfalls 50 Impulse einem Hochspannungswiderstand zugeführt und in demselben vernichtet werden.

Die Abbildung 5 zeigt einen derartigen Fall. Mit der Glimmlichtröhre war auch hier eine Röntgenröhre in Serie geschaltet. Die Glimmlichtröhre rotierte dabei mit einer Geschwindigkeit, welche gleich der des rotierenden Systemes des Hochspannungskreises war, so daß also Synchronismus zwischen den beiden rotierenden Systemen vorlag. 50 Impulse waren dabei in der eben geschilderten Weise von der Röhre abgeschaltet. Wir sehen in der Abbildung die 50 durch die Röhre fließenden Impulse als breite Lichtbänder. Auch hier tritt ein Zerrissenwerden

der Entladung ein, infolge der Funkenbildung am rotierenden Hochspannungsschalter. Hier ist jedoch das Bild der Einzelentladungen ein anderes, als bei den Entladungen in der vorausgehenden Abbildung 4, bei welchen auf jede Einzelentladung 4 Partialentladungen entfielen. Auch auf diese veränderte Erscheinung und ihren Einfluß komme ich anläßlich der Diskussion der Kurven zurück.

In Abbildung 5 sehen wir ferner an den Stellen, an denen die anderen 50 abgeschalteten

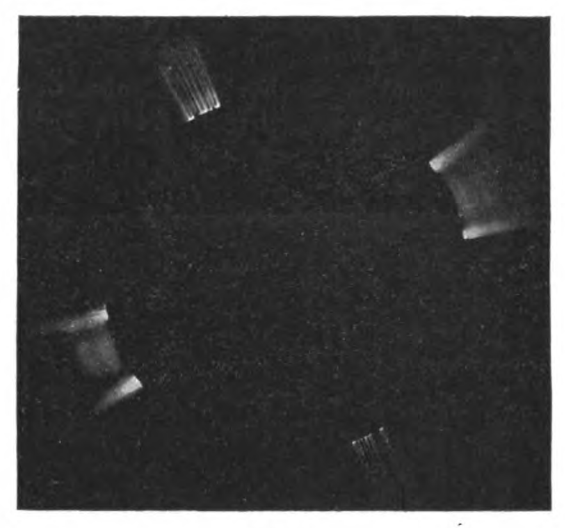


Abb. 5.

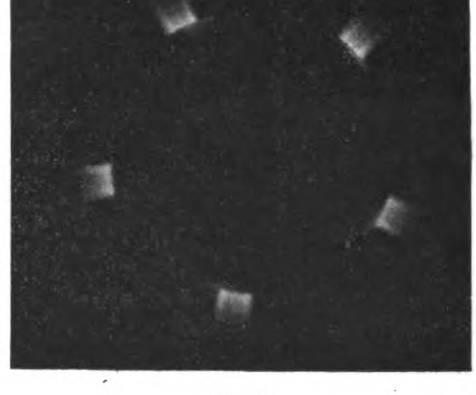


Abb. 6.

Impulse auftreten sollten, ein schwaches, gleichfalls zerrissenes Lichtbündel. Diese Entladungen können entweder von Restladungen auf den abgeschalteten Segmenten des Hochspannungsschalters herrühren oder aber darin ihre Ursache haben, daß infolge schlechter Isolation des Hochspannungssystems noch ein schwacher Stromübergang stattfand. Diese letztere Annahme dürfte die größere Wahrscheinlichkeit für sich haben.

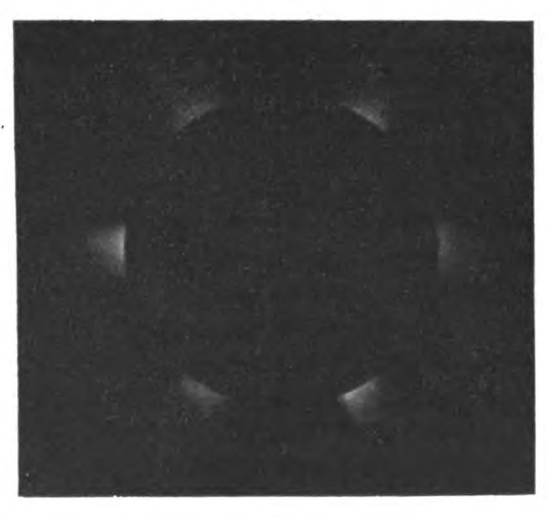


Abb. 7.

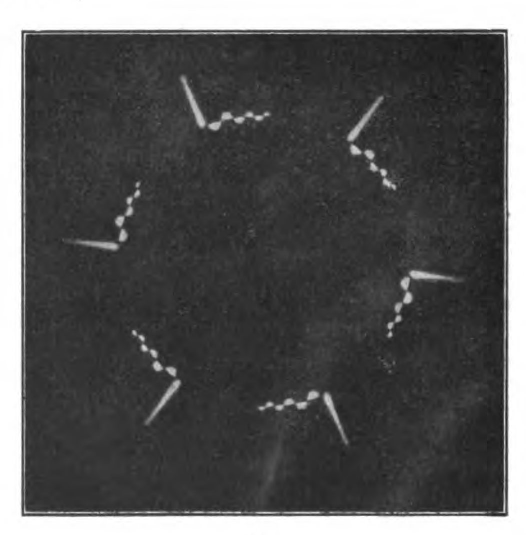


Abb. 8.

Bei der Aufnahme der Abbildung 6 war die Glimmlichtröhre direkt an den rotierenden Hochspannungsschalter angeschlossen. Wir sehen auch hier ein Zerrissenwerden der Entladungskurve, wieder infolge der Funkenbildung am Hochspannungsschalter. Betrachtet man diese Aufnahme genauer, so erkennt man, daß die Basis der Kurve bei weitem ansgedehnter ist, als

das obere Lichtbündel. Die Ursache hiervon ist eine unrichtige Einstellung des Hochspannungsschalters. Infolgedessen geht ein Teil der Entladungskurve verloren.

Die Aufnahme in der Abbildung 7 ist gleichfalls an einem Hochspannungsgleichrichter-Apparat gewonnen worden, und es war auch hier wieder eine Röntgenröhre in Serie mit der rotierenden Glimmlichtröhre geschaltet. Durch eine besondere Vorrichtung im Hochspannungskreise wurde aber ein Zerrissenwerden der Entladung vermieden.

Die Abbildung 8 wurde so gewonnen, daß wieder eine Röntgenröhre an ein mit einem Motorunterbrecher betriebenes Funkeninduktorium angeschlossen wurde, wobei auch hier die Glimmlichtröhre in Serie geschaltet war. Man erkennt wie nach einer einzigen kräftigen Hauptentladung das ganze System in Schwingungen ausklingt.

Was die Energie der Röntgenstrahlen anbelangt, so muß angenommen werden, daß in den Röntgenstrahlen kürzerer Wellenlänge, also den härteren Röntgenstrahlen der größere Betrag an Energie durch die geladenen Teilchen, über die sie hingehen, fortgestrahlt wird, infolgedessen auch ihr größeres Durchdringungsvermögen, während in den Röntgenstrahlen größerer Wellenlänge, also den weicheren Strahlen der geringere Betrag an Energie durch die geladenen Teilchen, über die sie hingehen, fortgestrahlt wird, infolgedessen ihr geringeres Durchdringungsvermögen.

Diese Annahme deckt sich auch mit der Planckschen Quantentheorie. Es gilt, wie früher bereits ausgeführt wurde, Gleichung 6, welche lautet:

6) $$E_0 = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

E_0 ist dabei der Energiebetrag, welchen eine Strahlenquelle aufnehmen muß, um einen Strahl der Größenordnung λ emittieren zu können. Je größer λ wird, um so kleiner wird E_0. Ein Teil, der größte Teil der Energie, welchen die Strahlungsquelle aufgenommen hat, wird in dem Strahl wieder weitergetragen.

Je größer also die Wellenlänge wird, um so kleiner wird auch die Energie, welche in dem Strahl der betreffenden Wellenlänge weitergestrahlt wird.

Dabei müssen wir allerdings die Annahme machen, daß der Energieverlust dE_0, welchen die Energie in der Strahlungsquelle bei der Umwandlung in die andere Energieform erleidet, innerhalb gewisser Grenzen für alle Wellenlängen konstant ist. Es gilt also die Beziehung:

10) $$dE_0 = \text{Const.}$$

Nun ist bei der Betrachtung des Röntgenspektrums allerdings noch eines zu beachten, nämlich, daß wir hier es mit einer Überlagerung zweier Spektren zu tun haben, und zwar ist

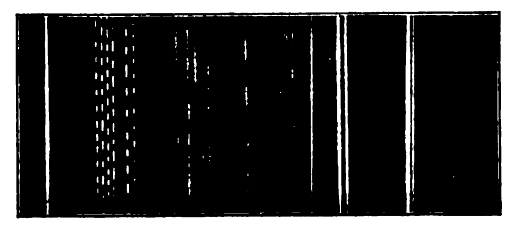


Abb. 9.

in dem Röntgenspektrum einmal das Spektrum der Bremsstrahlung enthalten. Dieses ist durch den Verlauf der Spannungskurve gegeben und relativ definiert. Außerdem ist aber auch in dem Röntgenspektrum das Eigenspektrum der Antikathode dem Spektrum der Bremsstrahlung superponiert. Dieses Eigenspektrum der Antikathode ist völlig abhängig von der Natur des Antikathodenmaterials. So hat eine Röntgenröhre mit Wolfram-Antikathode ein anderes Eigenspektrum, als eine Röntgenröhre mit Platinantikathode. Vergleiche die Arbeiten von Rohmann (107)! Für eine Kupferantikathode fand Broglie neben dem kontinuierlichen Band des Bremsstrahlenspektrums zwei scharfe Linien; für Platin und Wolfram-Antikathoden stellten

sich eine ganze Reihe von Linien heraus. Vergleiche die Arbeiten von M. de Broglie, Compt. Rend Nov. 1913 und Compt. Rend 19. Jan. 1914 (21, 22)! Diese Betrachtung ist für die Behandlung des Themas von weiterer Wichtigkeit. In der Abbildung 9 ist ein Spektrum abgebildet, das von einer Röntgenröhre mit Platinantikathode bei Induktorbetrieb gewonnen wurde.

Wie wir aus der Abbildung ersehen können, unterscheidet sich das hier abgebildete Röntgenspektrum in seinem Aussehen wenig oder gar nicht von Spektralaufnahmen im sichtbaren Gebiet des elektromagnetischen Spektrums. Das abgebildete Röntgenspektrum ist einer Arbeit von H. Seemann in der „Physikalischen Zeitschrift", Bd. 15, Seite 794 ff. (115) entnommen. Wenn es also in letzter Zeit zwar gelungen ist, das Spektrum der Röntgenstrahlen mittels optischer Methoden aufzunehmen und zu analysieren, so stellen diese speziellen Arbeiten doch immer nur die Resultate von Laboratoriumsversuchen dar und sie sind für die Strahlenmeßpraxis zurzeit noch nicht verwendbar, schon allein nicht wegen der immerhin ziemlich langen Aufnahmezeit von einigen Stunden. Innerhalb dieser langen Aufnahmezeit muß natürlich infolge der Inkonstanz der Röhren ein fortwährendes Wandern des Intensitätsmaximums des Bremsstrahlenspektrums eintreten. Es besteht zwar die Aussicht, daß es über kurz oder lang gelingen wird, Röntgenspektren in einigen Minuten oder Sekunden aufzunehmen, so daß die Dauer der Aufnahme praktisch nicht mehr ins Gewicht fällt, weil eben während dieser kurzen Aufnahmezeit keine wahrnehmbare Verschiebung des Intensitätsmaximums zu beobachten sein wird. Solange aber die optischen Methoden für die Praxis noch nicht brauchbar sind, kann uns die Spannungskurve an der Röhre und ihr Verlauf ein relativ hinreichendes Maß für die spektrale Zusammensetzung eines Röntgenstrahlengemisches geben. Eine Änderung des Spannungsverlaufes an der Röntgenröhre wird, wie wir bereits bemerkten, stets mit einer Änderung der spektralen Verteilung verbunden sein und umgekehrt. Die in den Abbildungen 2 mit 8 wiedergegebenen und vorhin kurz besprochenen Stromkurvenaufnahmen sind mit der von mir angegebenen Methode unter angenähert gleichen Betriebsbedingungen, die mit den in der Praxis üblichen Meßmethoden festgestellt wurden, gewonnen worden und dennoch erhalten wir selbst bei gleichen Apparatesystemen ein vollkommen verändertes Bild der Form der Stromkurve. Welchen Einfluß diese veränderte Form der Stromkurve auf das Röntgenstrahlengemisch haben kann, darauf müssen wir später, wie bemerkt, ausführlicher eingehen.

IV. Die Forderung der Karzinomtherapie.

Wenn wir davon absehen, daß ein Teil der Röntgentherapeuten die Anschauung vertritt, eine möglichst große Menge Röntgenstrahlen in möglichst kurzer Zeit in einem zu beeinflussenden Gebilde zur Absorption gelangen zu lassen, um einen gewünschten biologischen Effekt hervorzurufen und ein anderer Teil glaubt die gleiche biologische Wirkung innerhalb bedeutend längerer Zeit bei Applikation geringerer Dosen zu erreichen, so bleibt immerhin unbestritten von beiden Seiten doch eine Forderung als Hauptforderung bestehen, nämlich die, daß eine möglich penetrierende Strahlung angewandt werden müsse. Der Medizin schwebt dabei die viel härtere γ-Strahlung der radioaktiven Substanzen, wie des Mesothorium und des Radium C als Ideal vor und die Medizin stellt damit die wichtige Forderung, der Technik müsse es gelingen, in Anbetracht der verschwindend geringen Menge γ-Strahlen, die von Radium- oder Mesothorium-Präparaten emittiert werden, in Röntgenröhren eine Strahlung zu erzeugen, die der γ-Strahlung der radioaktiven Substanzen in bezug auf ihre Wellenlänge id est ihre Härte möglichst nahekomme oder, was noch viel wünschenswerter sei, sie erreiche, so daß also der Spektralbezirk dieser Röntgenstrahlen sich mit dem der γ-Strahlen decke. Von einigen Autoren, die auf diesem Gebiete bereits gearbeitet haben, insbesondere von Dessauer und Winawer (38, 39, 146, 147) wird allerdings behauptet, es sei schon gelungen in Röntgenröhren eine Strahlung zu erzeugen, die der γ-Strahlung der radioaktiven Substanzen in bezug auf ihre

Wellenlänge identisch sei. Diese Behauptung ist jedoch noch ziemlich in Frage zu stellen und außerdem ist dabei zu bemerken, daß Fortschritte in der Erzeugung ultrapenetrierender Röntgenstrahlen nur mittels einwandfreier und den physikalischen Bedingungen in jeder Beziehung genügender Meßmethoden festgestellt werden können. Inwieweit es möglich ist, Fortschritte in technischer Hinsicht hier zu erkennen und zu kontrollieren, darüber sei später noch Näheres aufgeführt.

Das eine aber ist hier klar zu erkennen, nämlich wie eng das Problem der Härtung der Strahlen, das durch die Forderungen der Medizin gegeben wurde, mit dem eigentlichen Thema unserer Untersuchungen über die „Ziele und Probleme der Röntgenstrahlenmeßtechnik" verknüpft ist und wie sehr die Lösung des ersten Problems von dem zweiten Problem bzw. von dessen Lösung abhängig ist. Nur vermittelst exakter Meßmethoden wird es möglich sein, auf diesem besonderen Gebiete Fortschritte zu erkennen.

Die Lösung des zweiten Problems gibt also auch den Weg, auf dem es gelingen wird, die besonderen Forderungen, welche durch die Karzinomtherapie gegeben sind, zu erfüllen. Im anderen Falle ist auch hier die Möglichkeit, ja die noch viel größere Möglichkeit der Irreführung des Arztes gegeben und damit liegt ebensosehr wieder die Möglichkeit der Schädigung des Patienten nahe, wie sie an und für sich nahe liegt, wenn die Meßmethoden versagen oder zu falschen Resultaten und Schlüssen führen.

V. Allgemeines über die Wirkung der Röntgenstrahlen.

Sobald Röntgenstrahlen auf irgendeinen Körper auftreffen, ganz gleich, welcher Natur dieser Körper ist, so wird bekanntlich ein Teil der auf das Medium auftreffenden bzw. das Medium passierenden Strahlung in dem Medium absorbiert. Der absorbierte Teil der Röntgenstrahlung kann natürlich als Energie nicht verloren gehen, sondern die absorbierte Energie erleidet lediglich eine Transformation ihrer Natur. In welcher Weise und unter welchen Bedingungen diese Energieumwandlung zustande kommt, werden wir bei der Betrachtung des Sekundärstrahlenproblems noch genauer kennen lernen. Nach der Transformation macht sich die in dem betreffenden Medium scheinbar zu Verlust gegangene Energie in dem von uns als besondere Wirkungen der Röntgenstrahlen bezeichneten Effekten erkennbar. Diese Effekte sind, wie bereits bemerkt wurde, einmal die Fluoreszenzerregung. Gewisse Substanzen, wie das Bariumplatinzyanür, das wolfram-sauere Kalzium und andere chemische Verbindungen werden unter dem Einfluß der Röntgenstrahlen zu einer außerordentlich regen Fluoreszenz angeregt. Die Ausnützung dieses Fluoreszenzeffektes geschieht in der Praxis bekanntlich bei der Durchleuchtung vermittelst Röntgenstrahlen und dieser Effekt ermöglicht auch die subjektive Schätzung der Härte der Strahlen mittels der bekannten auf dem Benoistschen Prinzipe beruhenden Härtemesser. Eine weitere Wirkung der Röntgenstrahlen ist ihre chemische Wirkung. Vor allem erleiden hier unter dem Einfluß der absorbierten Energie der Strahlen die Silbersalze eine chemische Umwandlung; auch eine große Reihe anderer Substanzen wird unter dem Einfluß der absorbierten Strahlenenergie mehr oder weniger chemisch verändert. Dorn beobachtet weiter, daß ein von Röntgenstrahlen getroffener Körper in seiner Temperatur zunimmt. Die Ursache dieser Wärmewirkung ist vermutlich darin zu suchen, daß die bei der Absorption der Röntgenstrahlen im Innern des Mediums frei gewordenen Elektronen bei ihrem Zusammenstoß mit den Molekülen der absorbierenden Substanzen einen Energieverlust erleiden und hierbei die kinetische Energie dieser Elektronen sich in Wärmeenergie transformiert. Ein anderer Effekt der Röntgenstrahlen ist ihre ionisierende Wirkung. Es werden eben, wie bei all diesen Vorgängen in einem Medium, welches Röntgenstrahlen absorbiert, Elektronen unter dem Einfluß der Strahlen frei und so kommt es zur Bildung positiver Ionen. Andererseits verbinden sich die losgelösten Elektronen wiederum mit neutralen Atomen und hieraus entstehen negative Ionen.

Wenn wir hier, wie in allen anderen Gebieten der Physik, diese Wirkungen einer besonderen und zugleich einheitlichen Erklärungsform unterwerfen wollen, so müssen wir alle diese kurz aufgeführten Wirkungen der Röntgenstrahlen auf die Bildung von sekundären Elektronen als ureigentliche Ursache zurückleiten.

So führen z. B. bei der chemischen Wirkung der Röntgenstrahlen, die von den absorbierten Strahlen, also der absorbierten Energie, freigemachten Elektronen durch ihre ihnen zuteil gewordene kinetische Energie, welche sie der Energie der Röntgenstrahlen entzogen haben, eine Dissoziation der Molekeln des Mediums, in welchem die Röntgenstrahlen absorbiert werden, herbei und geben damit Anlaß zu einem chemischen Umsatz bzw. zu einer chemischen Veränderung des betreffenden Mediums. Auch die Fluoreszenzerzeugung der Röntgenstrahlen kann man auf die Bildung von Elektronen zurückführen. Man muß hierbei den sekundär bei der Absorption der Röntgenstrahlen erzeugten Elektronen die Rolle von Stoßerregern für einen zur Lichtemission befähigten elementaren Oszillator übertragen. Allerdings fluoreszieren durchaus nicht alle Körper, sondern vorzugsweise nur diejenigen von hoher Absorptionskraft, was sich auch mit den theoretischen Anschauungen, die man über den inneren Vorgang der Fluoreszenzerregung aufstellt, vereinigen läßt.

Daß in der Tat alle diese Wirkungen ihre Ursache in der Bildung sekundärer Elektronen finden, werden wir bei der Betrachtung des Sekundärstrahlenproblems noch näher auszuführen haben. Das Sekundärstrahlenproblem ist zwar in der medizinischen Literatur bereits mehrfach eingehend behandelt worden, aber des Zusammenhanges wegen und im Hinblick auf die einheitliche und übersichtliche Behandlung unseres Themas ist eine nochmalige kurze Schilderung doch notwendig, denn die obenangeführten besonderen Wirkungen der Röntgenstrahlen, wie die Fluoreszenzwirkung, die chemische Wirkung, die Wärmewirkung und die ionisierende Wirkung, welche als Ursache die sekundäre Elektronenbildung haben, sind identisch mit den physikalisch-chemischen Wirkungen auf das Meßgerät einerseits und den chemisch-biologischen Wirkungen auf die Zelle andererseits.

Krause, Bonn, weist in seinem Referat auf den X. Röntgen-Kongreß 1914: „Über die biologischen Wirkungen der Röntgenstrahlen auf tierisches und menschliches Gewebe" ebenfalls auf die Identität der beobachteten biologischen Wirkung der Röntgenstrahlen mit der Sekundärstrahlenbildung bei Absorption von Röntgenstrahlen hin.

In der Zusammenfassung seines Referates führt Krause bekanntlich aus: „Es wird von Röntgenstrahlen die Zelle angegriffen, und zwar

1. um so stärker, je größer die Sekundärstrahlenbildung in der Zelle ist,
2. um so stärker, entsprechend der allgemeinen biologischen Erfahrung, je jünger die Zelle ist,
3. um so stärker, je größer die Proliferationsfähigkeit der Zelle ist.

Nun ist aber voraussichtlich anzunehmen, daß die von Krause aufgeführten drei Tatsachen in eine einzige Ursache zusammenzufassen sind, wobei die zweite und dritte Tatsache lediglich Bedingungen darstellen für die erste Tatsache, so daß anzunehmen wäre, daß die Sekundärstrahlenbildung in der Zelle und damit die biologische Wirkung der Röntgenstrahlen um so größer ist, je jünger einerseits die Zelle ist und je größer andererseits ihre Proliferationsfähigkeit ist.

Auch Löwenthal, Braunschweig, führt die biologische Wirkung der Röntgenstrahlen in seiner Arbeit über sekundäre Elektronenbildung in der Strahlentherapie, Bd. 5, Heft 1 (91) auf sekundäre Kathodenstrahlung innerhalb der Zelle zurück.

VI. Das Sekundärstrahlenproblem.

Sobald Röntgenstrahlen oder γ-Strahlen, wie sie von Radium- und Mesothoriumpräparaten ausgehen, auf irgend einen materiellen Körper, überhaupt auf irgendein Medium auftreffen,

können sie an dem betreffenden Medium sowohl eine zerstreute Strahlung als auch zwei Arten von Sekundärstrahlungen hervorrufen. Die zerstreute Strahlung, welche ein Reflexionsvorgang ist, analog der Zerstreuung des sichtbaren Lichtes in trüben Medien, ist infolgedessen von der gleichen Natur, wie die Primärstrahlung; sie besitzt damit Lichtnatur. Für Röntgenstrahlen sind alle Körper trübe Medien. Die eine Art der eigentlichen Sekundärstrahlung hat ebenfalls Lichtnatur, während die andere Art der Sekundärstrahlung eine Korpuskularstrahlung ist; sie ist von der Natur der Elektronenstrahlung, wie die Kathodenstrahlung in Röntgenröhren.

Hierbei sei es von vornherein bemerkt, daß es experimentell durchaus noch nicht einwandfrei erwiesen ist, ob alle von Röntgenstrahlen getroffenen Körper sekundäre Röntgenstrahlen, d. h. also Strahlen, die ihrer Natur nach mit den Primärstrahlen identisch sind, emittieren können. Dies ist bis jetzt lediglich eine Vermutung. Eine Zerstreuung der Röntgenstrahlen findet in allen Medien statt. Ebenso werden sekundäre β-Strahlen, also Korpuskularstrahlen von der Natur der Kathodenstrahlen in allen Körpern, von allen Röntgenstrahlen und von allen γ-Strahlen der radioaktiven Substanzen erzeugt. Wenden wir uns zuerst der Betrachtung der einen Art der Sekundärstrahlen zu, nämlich der zerstreuten Strahlung.

Wenn Röntgenstrahlen durch einen Körper gehen, so wird ein Teil von ihnen diffus zerstreut. Ebenso wie Lichtstrahlen in trüben Medien, in welchen sie absorbiert werden, wie bemerkt, eine diffuse Zerstreuung erfahren, werden auch die Röntgenstrahlen in Medien, welche sie durchdringen, zerstreut. Diese zerstreuten Röntgenstrahlen haben genau die gleichen Eigenschaften, wie sie den Primärstrahlen zugeschrieben wurden. Sie verhalten sich also ebenso, als wäre die Primärstrahlung selbst an ihrem Entstehungspunkt diffus zerstreut worden. Die Härte, id est die Qualität, der zerstreuten Strahlung hängt dabei allein, wie ja aus der Art ihrer Entstehung ohne weiteres zu erklären ist, von der Qualität der einfallenden Strahlung ab. Je härter die auftreffende Strahlung ist, um so härter wird auch die zerstreute Strahlung sein und umgekehrt. In einer gegebenen materiellen Schicht werden dabei die kurzwelligeren Strahlen relativ mehr zerstreut, als die langwelligeren Strahlen. Es ist nach **Barkla**, welcher als Maß für die Streuung der Röntgenstrahlen den Streuungskoeffizienten σ aufgestellt hat, der Massenstreuungskoeffizient $\frac{\sigma}{\varrho}$, wobei ϱ die Dichte des Stoffes, in dem die Streuung stattfindet, bedeutet, für weiche und mittelharte Strahlen.

$$\frac{\sigma}{\varrho} = 0{,}2. \tag{11}$$

Für sehr harte Strahlen findet **Barkla** als Massenstreuungskoeffizient

$$\frac{\sigma}{\varrho} = 0{,}7 \text{ bis } 0{,}9. \tag{12}$$

Bezüglich des Verhältnisses der Intensität der zerstreuten Strahlung und der Intensität der Primärstrahlung ist zu sagen, daß die Gesamtintensität der zerstreuten Strahlung natürlich immer kleiner ist, als die der einfallenden Strahlung. Bei den Strahlen der mittleren Härte eines gewöhnlichen technischen Röntgenrohres wird schätzungsweise $10\,^0/_0$ des ganzen primären Energiebetrages, der den Strahlen beim Durchlaufen einer dünnen, materiellen, keine sekundären Röntgenstrahlen emittierenden Schicht entzogen wird, in zerstreute Strahlung verwandelt werden. — Genauer ist dieses Verhältnis so festgestellt, daß, wenn das Atomgewicht des Streukörpers bzw. aller Elemente dieses Körpers kleiner als 27 ist, für alle Stoffe je größer das Atomgewicht, um so größer auch die pro Masseneinheit zerstreute Strahlung ist. Ist das Atomgewicht des Streukörpers bzw. eines Elementes des Streukörpers größer als 27, so ist bei gleicher Primärstrahlenintensität die pro Volumeneinheit zerstreute Strahlenenergie proportional der Dichte.

Von bedeutend größerer Wichtigkeit als die soeben kurz besprochene zerstreute Röntgenstrahlung ist die eigentliche Sekundärstrahlung, von der wir, wie wir bereits ausführten wiederum zwei Arten zu unterscheiden haben. Die eine, die wir für die Folge immer als

„sekundäre Röntgenstrahlung“ bezeichnen wollen, hat den gleichen Charakter, wie die Primärstrahlen, während die andere, die wir als „sekundäre β-Strahlung“ bezeichnen wollen, wie erwähnt wurde, ihrer Natur nach eine Korpuskularstrahlung ist, also den Charakter der Kathodenstrahlung hat. Die sekundäre Röntgenstrahlung wird auch gemeinhin als „Fluoreszenzstrahlung“ bezeichnet, da sie ein Analogon bildet zur Fluoreszenzerregung an gewissen Stoffen, wie zum Beispiel Eosin, Fluoreszin und anderen kolloidalen Substanzen durch die Strahlen des sichtbaren Spektrums.

Die Entdeckung eines fluoreszenzartigen Emissionsvorganges an Körpern bei der Absorption von Röntgenstrahlen ist den Arbeiten Barklas in der Hauptsache und den Arbeiten seiner Mitarbeiter, hier insbesondere Sadler, zu verdanken. — Vergleiche die Arbeiten von C. G. Barkla, Jahrbuch der Radioaktivität und Elektronik, V. Band (10) und die gemeinsamen Arbeiten Barklas und Sadlers, Phil. Mag. 16 (pag. 550ff.) (11). Durch die Untersuchungen von Barkla (10) wurden viele früher nur sehr schwer deutbare Beobachtungen erst verständlich, und durch diese Untersuchungen ist auch für die biologische Wirkung der Röntgenstrahlen bei der Absorption innerhalb des menschlichen Körpers eine sichere Grundlage für eine Theorie gegeben worden.

Steigt das Atomgewicht eines Mediums, das den Sekundärstrahler bildet, während sich sonst alle übrigen Faktoren konstant halten, so wird das Verhältnis der sekundären Röntgenstrahlung zur Primärstrahlung immer größer und größer, sobald bei dem betreffenden Medium ein Atomgewicht von 40 überschritten ist. Dabei erleidet die austretende neue Strahlungsform auch eine qualitative Veränderung insofern, als die Wellenlänge der Emergenzstrahlung größer ist, als die Wellenlänge der Inzidenzstrahlung.

Jedes chemische Element oder jede dieses chemische Element enthaltende chemische Verbindung sendet eine ganz bestimmte homogene Sekundärstrahlung aus, wenn es von einer Primärstrahlung getroffen wird, die in einer passend gewählten Normalsubstanz weniger absorbierbar ist, als die Sekundärstrahlung selbst. Eine chemische Verbindung sendet selbstverständlich so viele Arten homogener Sekundärstrahlungen aus, als die chemische Verbindung chemische Elemente enthält. Die von einer chemischen Verbindung ausgehende Sekundärstrahlung ist also nicht in diesem Sinne homogen, sondern sie setzt sich lediglich aus einer Reihe von homogenen Strahlungsgruppen zusammen, wobei die Anzahl dieser homogenen Strahlungsgruppen bedingt wird durch die Anzahl der Elemente, welche in der Bindung enthalten sind. Wenn man der weniger absorbierbaren Strahlung die kürzere Wellenlänge zuschreibt, wie dies ja tatsächlich auch der Fall ist, so ergibt sich hieraus ohne weiteres die Analogie mit der sogenannten Stockschen Regel der Optik, wonach ein durch Licht erregbarer Körper nur dann fluoresziert, wenn das erregende Licht kürzere Wellenlänge hat, als das erregte Licht. Und wie das Fluoreszenzlicht dieses Körpers seine Lage im elektromagnetischen Spektrum nicht verändert, solange nur die eben erwähnte Bedingung der Stockschen Regel erfüllt ist, so bleibt auch die Fluoreszenzlinie bzw. die Fluoreszenzlinien der sekundären Röntgenstrahlen eines Elementes an dem gleichen Orte im Spektrum unabhängig von der Härte der Primärstrahlung, sofern die Primärstrahlung nicht unter den zur Fluoreszenzerregung notwendigen Härtegrad herabsinkt.

Die Natur der Sekundärstrahlung einer chemischen Verbindung ist, wie wir bereits bemerkten, durch die Natur der in dieser Verbindung enthaltenen chemischen Elemente bestimmt, nicht aber durch die chemische Bindung als solche, denn, wie wir soeben ausführten, eine chemische Verbindung sendet so viele Arten homogener Sekundärstrahlen aus, als in der chemischen Bindung chemische Elemente enthalten sind.

Diese letztere Tatsache ist von außerordentlicher Wichtigkeit für die Röntgenstrahlenenergiemessung, insbesondere aber für solche Methoden, bei denen die Röntgenstrahlenenergie nach der Größe der durch sie hervorgerufenen chemischen Veränderung eines Reagens gemessen wird. Auch für die biologische Wirkung der Röntgenstrahlen gewinnt diese Tatsache ganz

besondere Bedeutung, denn sie ist die Grundlage für eine Theorie der biologischen Wirkung der Strahlen, von der wir vorhin sagten, daß sie auf dem Sekundärstrahlenproblem aufgebaut werden müßte.

Die folgende Tabelle I gibt uns näheren Aufschluß über die Sekundärstrahlung einer Reihe von chemischen Elementen. Der in der Tabelle auftretende Faktor k_m mißt die Absorption der Primärstrahlung in Aluminium als Normalsubstanz pro Masseneinheit. Diesen Absorptionskoeffizienten k_m werden wir später noch eingehender besprechen müssen; er läßt sich leicht zu der Christenschen Halbwertschicht in mathematische Beziehung bringen.

k_m definiert eindeutig, soweit dies durch Absorptionsmessungen überhaupt möglich ist, die Härte der Primärstrahlung, die zur Erzeugung der sekundären Röntgenstrahlung notwendig ist. Die Größe k_m ist durch eine einfache Relation gegeben. Es ist

13) $$J = J_o \cdot e^{-m \cdot k_m},$$

wobei m die Masse des Teiles der Schicht ist, welche die Einheit der Oberfläche besitzt. k_m besitzt in der Tabelle I die Größe in cm^{-1}.

Tabelle I.

Element	Atomgewicht	Absorptionskoeffizient	
		K-Reihe	L-Reihe
Al	27,10	1565,00	—
S	32,07	—	—
Ca	40,09	1175,00	—
Sr	52,00	367,00	—
Fe	55,85	239,00	—
Co	58,97	193,00	—
Ni	58,68	159,00	—
Cu	63,57	129,00	—
Zn	65,37	106,50	—
As	74,96	60,70	—
Se	79,20	51,00	—
Br	79,92	44,30	—
Rb	85,45	37,00	—
Sr	87,62	25,40	—
Mo	96,00	12,70	—
Rh	102,90	8,40	—
Ag	107,90	6,70	1890,00
Sn	119,00	4,20	—
Sb	120,20	3,27	1170,00
J	126,90	2,48	825,00
Ba	137,40	2,16	604,00
Ce	140,30	1,62	—
W	184,00	—	89,00
Pt	195,00	—	74,00
Au	197,02	—	67,00
Pb	207,10	—	54,00

Die in der Tabelle I aufgeführten Werte des Absorptionskoeffizienten lassen sich leicht in die entsprechenden Werte für die Halbwertschicht umwandeln. Es gilt nämlich, wie wir später ausführen werden, die Relation

14) $$k_m = \frac{0,693}{H},$$

wobei k_m den Absorptionskoeffizienten und H die Halbwertschicht bedeutet. Aus der entsprechenden Umrechnung ergibt sich die folgende Tabelle II. Der Halbwert ist dabei in mm-Aluminium gemessen.

Tabelle II.

Element	Atomgewicht	Halbwert in mm-Aluminium	
		K-Reihe	L-Reihe
Al	27,10	0,0044	—
S	32,07	—	—
Ca	40,09	0,0059	—
Sr	52,00	0,0189	—
Fe	55,85	0,0290	—
Co	58,97	0,0359	—
Ni	58,68	0,0435	—
Cu	63,57	0,0587	—
Zn	65,37	0,0652	—
As	74,96	0,1140	—
Se	79,20	0,1360	—
Br	79,92	0,1560	—
Rb	85,45	0,1870	—
Sr	87,62	0,2730	—
Mo	96,00	0,5450	—
Rh	102,09	0,8250	—
Ag	107,09	1,0350	0,0027
Sn	119,00	1,6500	—
Sb	120,20	2,1200	0,0059
J	126,90	2,7900	0,0084
Ba	137,40	3,2100	0,0115
Ce	140,30	4,2700	—
W	184,00	—	0,0780
Pt	195,00	—	0,0940
Au	197,20	—	0,1300
Pb	207,10	—	0,1280

Aluminium sendet, wie wir aus der Tabelle ersehen, eine sehr weiche Sekundärstrahlung aus, die bereits in einer Aluminiumschicht von 0,0044 mm auf die Hälfte ihres ursprünglichen Betrages reduziert wird. Diese Tatsache steht im Gegensatz zu der vielfach noch anzutreffenden Anschauung, daß Aluminium eine sehr harte Eigenstrahlung emittiert.

Was das Verhältnis der Sekundärstrahlenintensität zu der Intensität der einfallenden Primärstrahlung anbelangt, so ist eines zu bemerken, nämlich, daß dieses Verhältnis jeweils dann einen maximalen Wert erreicht, wenn die einfallenden Primärstrahlen gerade härter sind, als die für die Substanz, auf die sie auftreffen, charakteristische Sekundärstrahlung ist, und wenn dann das Intensitätsmaximum des Spektrums in diesem Wellengebiet liegt.

Die Härte der sekundären Röntgenstrahlung und damit die minimal notwendige Härte der erregenden Strahlung, nimmt, wie wir bereits ausführten, mit wachsendem Atomgewicht des Mediums, welches als Sekundärstrahler dient, sehr rasch zu. Hat z. B. die Strahlung, welche in Aluminium, dessen Atomgewicht 27,10 beträgt, die Fluoreszenzstrahlung erregen kann, einen Halbwert von 0,0044 mm Aluminium, so hat die Erregerstrahlung bei Silber, dessen Atomgewicht gleich ist 107,10, bereits einen Halbwert von 1,035 mm Aluminium. Die Emission der Sekundärstrahlen findet dabei nach allen Richtungen gleichmäßig statt, während das bei der zerstreuten Strahlung nicht der Fall ist. Hier findet eine in den verschiedenen Richtungen verschieden starke Streuung statt.

Außer der Steigerung der Härte der Erregerstrahlung mit wachsendem Atomgewicht des Mediums, welches als Sekundärstrahler dient, wächst, wenn auch in viel geringerem Maße, die Emissionsfähigkeit der Elemente für die sekundäre Röntgenstrahlung mit dem Atomgewicht.

Tabelle III.

Element	Atomgewicht	Relative Intensität Er
Al	27,0	1,00
Cr	52,5	10,00
Fe	56,0	30,00
Co	58,6	—
Ni	61,3	46,50
Cu	63,2	59,10
Zn	65,1	72,70
Se	78,9	91,00

Tabelle III gibt uns einen Überblick und zwar gibt die Tabelle die relative Intensität der austretenden Sekundärstrahlen in ganz willkürlichen Werten an, wobei die Intensität der aus Aluminium austretenden Sekundärstrahlen mit 1 zugrunde gelegt ist. Die Zahlen sind von Whiddington (144) und Sadler gewonnen worden.

Die sekundäre Röntgenstrahlung ist an Körpern, deren Atomgewicht zwischen 80 und 120 schwebt, am leichtesten zu beobachten. Bei den Elementen mit niederem Atomgewicht, ungefähr mit einem Atomgewicht von 40, wird die an und für sich sehr schwache Strahlung schon infolge ihrer großen Wellenlänge im Medium oder in der das Medium umgebenden Luftschicht absorbiert. Bei den schwersten Elementen, also bei Elementen mit einem Atomgewicht über 170 ist die austretende Sekundärstrahlung zu wenig absorbierbar. Für unsere Untersuchungen kommt hauptsächlich die Sekundärstrahlung der Elemente in Betracht, in denen Substanzen enthalten sind, auf deren chemischen oder physikalischen Veränderungen Röntgenstrahlenmeßmethoden aufgebaut sind. Als solche Elemente kommen z. B. in Frage Silber, mit einem Atomgewicht von 107,10 und einer Sekundärstrahlung vom Halbwert 1,035 mm in Aluminium, Selen, mit einem Atomgewicht 79,2 und einer Sekundärstrahlung vom Halbwert 0,136 mm in Aluminium, sowie eine ganze Reihe anderer Substanzen. Auf den Einfluß der Sekundärstrahlung dieser Substanzen auf die Resultate von Meßmethoden werden wir später zurückgreifen müssen.

Nun senden aber die Elemente nicht nur eine, sondern 2 und ev. sogar noch mehr Arten von sekundärer Röntgenstrahlung aus. Wie wir bereits früher ausführten, treten im Spektrum der Röntgenstrahlen zwei übereinander gelagerte Spektren auf, wobei das eine Spektrum der Bremsstrahlung eigen ist, während das andere der Eigenstrahlung des Antikathodenmaterials zukommt. Das Brennstrahlenspektrum ist ein kontinuierliches. Das Eigenspektrum ist ein Linienspektrum.

Für Platin konnten Moseley und Darwin fünf Linien nachweisen, welche sie mit α, β, γ, δ und ε bezeichneten. Moseley und Darwin glauben sie für Begrenzungslinien je eines Bandes ansehen zu können, so daß man drei Eigenstrahlungsgruppen des Platins annehmen dürfte.

Broglie fand für Kupfer, neben dem kontinuierlichen Band des Bremsstrahlenspektrums, zwei Linien, so daß man also bei Kupfer nur mit einer Eigenstrahlungsgruppe rechnen könnte. — Es gilt ferner, daß die Sekundärstrahlung der Reihe L irgend eines Elementes, welche in der Tabelle I verzeichnet ist, die Eigenschaften der Sekundärstrahlung der Reihe K eines Elementes von etwa 2,5 mal kleinerem Atomgewicht hat. Auch diese Erscheinung hat für unsere Untersuchungen Bedeutung und werden wir ebenfalls in einem späteren Kapitel auf dieselbe zurückgreifen müssen.

Die dritte Art der Sekundärstrahlung ist die Erzeugung sekundärer β-Strahlung, also einer Strahlung, die ihrer Natur nach eine Korpuskularstrahlung ist.

Wenn Röntgen- oder β-Strahlen von radioaktiven Substanzen auf irgendeinen materiellen Körper auftreffen, verursachen sie an seiner Oberfläche neben der Bildung der bereits besprochenen zerstreuten Strahlung und der Bildung der sekundären Röntgenstrahlung eine Loslösung von Elektronen, also die Erzeugung von Korpuskularstrahlen, die sich mit ziemlicher Geschwindigkeit bewegen. Diese β-Strahlen sind in wenig Millimetern Luft bereits völlig absorbierbar. Da sie, wie erwähnt, aus Elektronen bestehen, sind sie von der gleichen Natur, wie die Kathodenstrahlen, welche in der Röntgenröhre die Erzeugung der Röntgenstrahlen hervorrufen. Die Geschwindigkeit dieser losgelösten Elektronen ist lediglich eine Funktion der Primärstrahlung, also eine Funktion der Wellenlänge der Inzidenzstrahlen. Es ist

15) $$c = f(\lambda)$$

wobei c die Geschwindigkeit der β-Teilchen ist. Vergleiche Innes Proc. Roy. Soc. 79, pag. 442 1908. Die Geschwindigkeit steht also in keinerlei Zusammenhang mit der Intensität der Primärstrahlung, ferner auch nicht mit der Natur des Mediums, aus dem die Elektronen austreten. Man kann sagen, so wie kurzwelligere Röntgenstrahlen durch schnellere Kathodenstrahlen erzeugt werden, entsprechend den Relationen 2 und 3, so werden schnellere β-Strahlen umgekehrt durch härtere Röntgenstrahlen erzeugt. Diese Tatsache ist auch vom rein energetischen Standpunkte aus verständlich, nach dem eben kurzwelligere Röntgenstrahlen einen größeren Betrag an Energie fortstrahlen, als die langwelligeren Strahlen und infolgedessen die von den kurzwelligen Röntgenstrahlen ausgelösten Elektronen einen größeren Betrag an kinetischer Energie aus der Energie des Strahles aufnehmen, als die von den langwelligen Strahlen losgelösten. Was die Zahl der durch die einfallende Primärstrahlung erzeugten Elektronen anbelangt, so steht diese Zahl für bestimmte Elemente in direkter Beziehung zu der Intensität der Primärstrahlung, d. h. mit anderen Worten, die Intensität der sekundären β-Strahlen ist eine Funktion der Intensität der Primärstrahlung.

Somit gilt folgende Relation

16) $$J_s = \varphi(J_o).$$

Hier bedeutet J_s die Intensität der Elektronenstrahlung und J_o die Primärintensität.

In bestimmter Beziehung erscheint die Intensität der sekundären β-Strahlen auch abhängig zu sein von der Qualität der Primärstrahlung. Es besteht hier ebenso ein innerer Zusammenhang zwischen dem Atomgewicht des Mediums, der Qualität der Primärstrahlung und der Zahl losgelösten Elektronen, wie bei der sekundären Röntgenstrahlung ein innerer Zusammenhang bestand zwischen der Intensität der Strahlung, dem Atomgewicht des Strahlers und der Qualität der Erregerstrahlung. Für J_s ist somit die Beziehung gültig

17) $$J_s = f(J_o \cdot \lambda).$$

Im allgemeinen ist die Zahl der in einer Sekunde von einem Röntgenstrahlenimpuls ausgelösten Elektronen dann ein Maximum, wenn die Härte der Primärstrahlung von dem Wert, der zur Erzeugung der sekundären Röntgenstrahlung in dem Medium noch nicht ausreicht, bis zu dem Wert ansteigt, der zur Erzeugung dieser Strahlung gerade genügt. Die nachfolgende Besprechung zeigt uns dies. Es bedeuten nun hier λ_p die Wellenlänge der Primärstrahlung, und λ_s die Wellenlänge der Eigenstrahlung.

18) $$\text{Max } J_s \text{ wenn } \lambda_p = > \lambda_s.$$

Die Zahl der gebildeten Elektronen ist aber auch, was wir bemerkten, abhängig von dem Atomgewicht der emittierenden Substanzen, wie eine Reihe von Versuchen bewiesen hat. Mit steigendem Atomgewicht steigt auch die Zahl der pro Zeiteinheit emittierten Elektronen für den Fall, daß sich sonst alle übrigen Faktoren gleich bleiben. Man erkennt aus dieser Tatsache ohne weiteres den inneren Zusammenhang zwischen sekundärer Röntgenstrahlung und sekundärer β-Strahlung. Dieser Zusammenhang ist ein direkt gesetzmäßiger. Treten Röntgenstrahlen in irgendein Medium ein, so wird ein Teil ihrer Energie in dem Medium absorbiert.

Dieser **absorbierte** Teil der Energie, welcher **scheinbar** verloren ist, kann aber als Energie naturgemäß nicht verschwinden, sondern die absorbierte Energie erfährt lediglich eine Energieumwandlung. Einen Teil der Energie, die absorbiert wurde, treffen wir in der zerstreuten Strahlung wieder an. Einen anderen Teil, wohl den größeren Betrag, finden wir in der Energie der aus dem absorbierenden Medium losgelösten Elektronen wieder. Es findet die Bildung sekundärer β-Strahlen statt.

Diese Elektronen besitzen, wie wir gesehen haben, eine bestimmte Geschwindigkeit, also einen ganz bestimmten Betrag an kinetischer Energie, welcher von der Qualität der einfallenden Erregerstrahlung allein abhängig ist.

Die Elektronen besitzen hier also einen bestimmten Energiebetrag E^o. Die Größe ist gegeben durch die Beziehung

19) $$E^o = \frac{1}{2} m v^2,$$

wenn m die Masse eines Elektrons ist. v ist die Geschwindigkeit des Elektrons, für welche die Gleichung 15 gilt, welche lautet

15) $$v = f(\lambda),$$
$$m = 0{,}9 \cdot 10^{-27} \text{ gr.}$$

Somit ist für eine bestimmte Wellenlänge eines Röntgenstrahles der dem Elektron, also dem β-Teilchen, innewohnende Energiebetrag:

20) $$E^o = \frac{1}{2} \cdot 0{,}9 \cdot 10^{-27} \cdot f(\lambda) \text{ Erg.}$$

Nehmen wir an, daß für ein β-Teilchen

21) $$v = 8 \cdot 10^9 \text{ cm } ^{Sec.}$$ ist,

so würde

20a) $$E^o = 3 \cdot 10^8 \text{ Erg.}$$ werden.

Die mittlere Energie eines Teilchens eines neutralen Gases bei 1° Celsius ist $2{,}3 \cdot 10^{-16}$ Erg. Somit würde sich die Energie bei Erhöhung auf 2° Celsius auf $2 \cdot (2{,}3 \cdot 10^{-16})$ Erg. erhöhen. E^o stellt jedoch den $1{,}3 \cdot 10^8$ fachen Betrag der Energie eines Teilchens eines neutralen Gases bei 2° Celsius dar. Würde also ein von einem Röntgenstrahl losgelöstes β-Teilchen auf einmal seinen ganzen Betrag an kinetischer Energie abgeben und dieser zu Verlust gegangene Energiebetrag in Wärmeenergie transformiert, so würde das betreffende Atom, in welchem das Teilchen verloren geht, auf eine Temperatur von 18^8 Celsiusgraden kommen. Daraus erhellt, weil eine solche Temperaturerhöhung eines von Röntgenstrahlen getroffenen Atoms nicht denkbar ist, daß die kinetische Energie eines β-Teilchens wieder auf eine ganze Reihe von Elektronen übertragen wird. — Die Elektronen geraten eben bei ihrer Bewegung wiederum mit einer großen Anzahl von Atomen des absorbierenden Mediums zusammen. Bei diesen Zusammenstößen wird die kinetische Energie den β-Teilchen langsam entzogen und die entzogenen Energiemengen erfahren eine neuerliche Energieumwandlung und zwar zuerst in die Energie der sekundären Röntgenstrahlen. Der Vorgang ist dabei der gleiche, wie bei der Bremsung der Elektronen auf der Antikathode der Röntgenröhre, ein Vorgang, welcher die Entstehung der Röntgenstrahlung zur Folge hat.

Dieser eben kurz geschilderte Vorgang wiederholt sich dann so lange, bis der gesamte in dem Medium absorbierte primäre Energiebetrag transformiert ist und als irgendeine Form von Energie, als chemische Energie, als Wärmeenergie, chemisch-biologische Energie oder als sonst irgendeine andere Form von Energie uns deutlich offenbar wird.

Ein Teil der Röntgenstrahlenenergie geht bei diesen wiederholten Energieumwandlungen, wie aus dem Vorausgegangenen klar wird, natürlich als Wärme verloren, auch allein der Entropie wegen. Vielleicht spielen die entstehenden Wärmeenergiemengen bei den im Körper vor sich gehenden chemischen Vorgängen, die sich uns letzten Endes als biologischer Effekt darstellen, eine ganz hervorragende Rolle.

(Fortsetzung folgt.)

Zur Frage der Heterogeneität der Röntgenstrahlen.

Von

Dr. Th. Christen, München.

Auf die Ausfälle Dessauers auf Seite 35 ff. in Heft 1 dieses Bandes bin ich den Lesern der „Fortschritte" eine kurze Richtigstellung schuldig. Ich schreibe sie nicht aus Rechthaberei, denn persönliche Streitigkeiten sind für Unbeteiligte von keinem Interesse. Wohl aber möchte ich verhindern, daß das, was ich seit Jahren mich bemüht habe klarzustellen, nachträglich wieder verwedelt wird[1]).

Daß es mir durchaus fern liegt, tatsächliche Verdienste Dessauers zu schmälern, das habe ich in meinem Aufsatz „Über einige aktuelle Fragen der Röntgenphysik" (Fortschritte, Band XXI, Seite 1ff.) wiederholt deutlich zum Ausdruck gebracht. Das ist aber kein Grund, um nicht die einen oder anderen von dem selben Verfasser geschriebenen Sätze zu beanstanden, wenn die Erfahrung zeigte, daß sie auf manche Leser verwirrend gewirkt haben.

Im folgenden gebe ich kurz meine Auffassung der in Rede stehenden Dinge.

1. In meinen ersten Aufsätzen auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen habe ich die Bedeutung der Heterogeneität ausdrücklich gering eingeschätzt. Berechtigt war ich dazu auf Grund des Walterschen Ablenkungsversuches, welcher eine nachweisbare Heterogeneität der Kathodenstrahlen überhaupt nicht ergab, und auf Grund des Adamschen Spektralversuches, mit dem eine geringgradige Heterogeneität eben gerade noch an der Grenze der Nachweisbarkeit gefunden wurde.

Die hieraus abgeleitete Berechtigung, die Heterogeneität zu vernachlässigen, war aber deshalb für meine damaligen Untersuchungen wertvoll, weil schon die Behandlung der homogenen Strahlen vor einem nichtmathematischen Leserkreis keine ganz einfache Sache war. Wäre ich zu jener Zeit auch noch mit der Heterogeneität aufgerückt, so wäre die damals sehr notwendige Präzisierung der Ideen noch weit größeren Schwierigkeiten begegnet. Der Unterdrückung der Heterogeneität ist es zum Teil zu verdanken, wenn die Einführung exakter Begriffe damals überhaupt noch in relativ kurzer Zeit vonstatten ging.

2. Daß die modernen Röntgenapparate, welche heute mit weit höheren Spannungen und Stromstärken im Sekundärkreis arbeiten, außerdem ganz andere Spannungs- und Stromkurven aufweisen, eine beträchtlich heterogene Strahlung erzeugen, das habe ich niemals bestritten. Sonst hätte ich doch nicht selbst mich bemüht, die Grundlage zu einer zahlenmäßigen Bestimmung des Grades der Heterogeneität zu schaffen.

3. Daß man früher bona fide im Zweifel sein konnte, ob die Wirkung der „Filter" mehr im teilweisen Abfangen von weichen Komponenten oder mehr in der Beimischung von neuen Komponenten oder in irgendeiner anderen Art von Transformation der Strahlen bestand, dafür zeugen die eingehenden Erörterungen von Walter: „Über das Röntgensche Absorptionsgesetz" (Fortschritte, Band VIII, Seite 297).

4. Was ich an dem Wort „Filter" auszusetzen habe, ist die darin liegende Versuchung zur Verwechslung mit einem chemischen Filter, welches den ganzen Niederschlag zurückhält und das ganze Filtrat durchläßt, während die „Strahlenfilter" bekanntlich auch von den

[1]) Hierzu nur ein Beispiel: Auf Seite 39 dieses Bandes erklärt Dessauer, sein von mir beanstandeter Satz „wir brauchen überhaupt nicht daran zu denken, was absorbiert und was nicht absorbiert wird" gelte nur unter der beschränkenden Voraussetzung, daß man „die Reaktion verschieden sensibler Strahlen" miteinander vergleiche. In dieser Form ist der Dessauersche Satz natürlich unanfechtbar. Aber kurz nachher heißt es wieder ganz allgemein unter der Voraussetzung der „Homogen-Strahlungslehre" genüge es, die Intensität und die Zeit zu messen, und das könne jeder.

weichen Strahlen nicht alles zurückhalten und selbst die härtesten Strahlen teils nur zu einem gewissen Prozentsatz durchlassen. Daß von den Wägsten und Besten dieser Versuchung zum Opfer fallen, beweist uns die Figur auf Seite 33 der „Röntgentiefentherapie" von Gauß und Lembke[1]).

5. Daß aber, wo es sich um eine wirklich beträchtlich heterogene Strahlung handelt, der Grad der Heterogeneität durch Filterung herabgesetzt wird, das fällt mir natürlich nicht ein, zu bestreiten. Bloß fordere ich, daß die Heterogeneität und ihre Verminderung durch die Strahlenfilter zahlenmäßig gemessen wird.

6. Daß in der Therapie, wo für jede Aufgabe ein bestimmter Härtegrad das Optimum darstellt, die Beimengung von andersartigen Komponenten, also die Heterogeneität, störend ist und durch Filterung nach Möglichkeit vermindert werden muß, dagegen habe ich sicherlich nie ein Wort gesagt oder geschrieben.

7. Wenn ich mit Dessauer einig bin über die Forderung einer möglichst weitgehenden Homogenisierung der Strahlung, so stehe ich mit ihm in Widerspruch über die Bedeutung der Homogeneität des Feldes. Wenn das Feld homogen ist, findet keine Absorption statt, und wo Absorption stattfindet, kann das Feld nicht homogen sein. Wo aber keine Absorption ist, da ist auch keine Energie-Transformation, keine physikalische Wirkung und keine biologische Wirkung.

8. Dasselbe in mathematischer Form:

Die physikalische Dosis D, d. h. die in der Raumeinheit absorbierte Menge strahlender Energie, läßt sich aus der Intensität J, aus dem Strahlenweg x und aus der Bestrahlungszeit T ableiten nach der Gleichung

$$D = -\frac{dJ}{dx} \cdot T.$$

Die biologische Dosis D^* berechnet sich aus der physikalischen Dosis D mit Hilfe des Sensibilitätskoeffizienten s.

$$D^* = s \cdot D.$$

Im homogenen Felde aber ist

$$J = \text{const.}^{2)} \qquad \frac{dJ}{dx} = 0 \qquad D = 0 \qquad D^* = 0.$$

9. Weiche Strahlen haben keine genügende Tiefenwirkung, weil sie nicht in genügender Menge an den Ort der gewünschten Wirkung gelangen. Ihr Feld ist zu stark heterogen. Allzu harte Strahlen aber haben keine genügende Tiefenwirkung, weil sie, auch wenn sie in großer Menge an den Ort der gewünschten Wirkung gelangen, dort nicht mehr genügend absorbiert werden, um hinreichende Wirkung zu erzeugen. Ihr Feld ist (abgesehen von der Dispersion) schon zu sehr homogen.

Es muß also zwischen diesen beiden Extremen das Optimum des Härtegrades und des durch ihn bestimmten Feldes gesucht werden.

Dieses Optimum liegt, wie ich gezeigt habe, bei demjenigen Härtegrade, dessen Halbwertschicht gleich der durchstrahlten Überschicht ist[3]). Diese Halbwertregel gilt sowohl für homogene wie für heterogene Strahlen, falls die Heterogeneität ein von mir genau bestimmtes Maß nicht überschreitet.

---

[1]) Ich behaupte nicht, daß Gauß und Lembke diese falsche Auffassung mit Bewußtsein vertreten haben, aber sie haben doch das Irreführende der genannten Figur übersehen

[2]) Dessauer erklärt ausdrücklich, daß in seinen homogenen Feldern „Die Intensität überall gleich" sei. So z. B. in der Fußnote auf Seite 39 dieses Bandes. Wenn aber die Intensität überall gleich ist, so ist ihr linearer Differentialquotient gleich Null.

[3]) Ursprünglich hatte ich $^7/_{10}$ der Überschicht gesetzt. Warum das Optimum zweckmäßiger nach dem höheren Härtegrad zu verschieben ist, das findet sich in Band XXI der Fortschritte auf Seite 16 ff. ausführlich auseinandergesetzt.

Da in der Therapie im Interesse der Hautschonung diese Grenze der Heterogeneität sowieso nicht überschritten werden darf, habe ich ein Recht, darauf zu bestehen, daß meine Auffassung vom Optimum des Härtegrades in der Tiefentherapie bis heute unverändert zu Recht besteht.

10. Daß bis in die neueste Zeit die von mir bekämpfte Auffassung Dessauers praktisch noch keine ungünstigen Folgen gezeigt hat, rührt daher, daß die von ihm geforderte Homogeneität des Feldes überhaupt noch nicht zu erreichen war. Unsere härtesten Strahlen sind ja eben erst an das von mir geforderte Optimum für Tiefentherapie herangekommen.

Wenn aber die Zukunft einmal wirklich „radiumähnliche" Röntgenstrahlen bringt, d. h. solche, deren Halbwertschicht mindestens 15 cm Wasser beträgt, dann erst wird sich praktisch entscheiden lassen, ob die Tiefenwirkung (beispielsweise unter 5 cm Weichteilen) noch weiter zunimmt (Dessauer) oder jenseits des Optimums wieder abnimmt (Christen).

11. Dabei will ich nicht einmal bestreiten, daß vielleicht das Optimum höher liegt, als meine Regel es festsetzt. Es sind zwei Faktoren denkbar, welche in diesem Sinne wirken:

1. Vermehrung der Streustrahlung bei wachsendem Härtegrad, was bei weit offener Blende eine Vermehrung der lokalen Dosis bedeutet.
2. Wachsen des Sensibilitätskoeffizienten bei wachsendem Härtegrad.

Daß der Sensibilitätskoeffizient mit wachsendem Härtegrad nicht merklich veränderlich ist, das haben Ritter, Rost und Krüger (Strahlentherapie, Band V, Heft 1, Seite 471) in anschaulicher Weise bewiesen. Ob dieses auch für höhere Härtegrade gilt, darüber liegen meines Wissens keine Versuche vor. Kritiklos extrapolieren soll man aber weder in der Physik noch in der Biologie. Darum beschränke ich mich auch darauf, die Möglichkeit eines solchen Verhaltens zu erwähnen. Sollte es aber tatsächlich der Fall sein, so verwahre ich mich schon heute dagegen, daß man die Wirkung dieses Faktors auf Rechnung der höheren Homogeneität des Feldes setzt. Homogenisierung des Feldes über das Optimum hinaus kann an und für sich die Dosis nur vermindern, nicht vermehren.

12. Das Feld wird aber nicht nur durch Absorption, sondern auch durch Dispersion inhomogen. Und selbst dann, wenn man durch weitgehende Vergrößerung der Fokaldistanz die Verschleuderung von Röntgenenergie ins Unverantwortliche treibt, ist das Feld immer noch merklich inhomogen. Auch diese Feststellung geschieht nicht aus Rechthaberei, sondern weil es grundsätzlich falsche Vorstellungen weckt, wenn Dessauer in seinen Arbeiten schlechtweg von seiner „Homogen-Strahlungslehre" spricht[1]).

13. Auf eine einzige persönlich polemische Frage muß ich noch Antwort geben, weil Dessauer diese Antwort ausdrücklich verlangt. Er möchte wissen, was ich mir „eigentlich dachte", als ich schrieb: „Und das sagt derselbe Dessauer". Nun, das ist sehr einfach: das eine Mal rühmte Dessauer, daß der Reformapparat ganz besonders homogene Strahlen aussende; und das andere Mal bewies derselbe Dessauer mit demselben Reformapparat, daß die Röntgenstrahlen ganz außerordentlich heterogen seien. Wenn er sich heute darauf beschränkt, zu erklären, daß beim Reformapparat die Strahlung zwar sehr heterogen, aber doch immerhin ein wenig besser ist, als wenn man ohne das Herausschneiden der Kurvenmitte arbeiten würde, dann erkläre ich mich für befriedigt.

14. Man sieht aus diesem Beispiel wie sehr ich recht hatte, als ich für alle Eigenschaften von Röntgenapparaten: Besonders hoher Härtegrad, besonders hervorragende Homogeneität, besonders hohe Leistung usw. eindeutige Größen definierte, welche sich zahlenmäßig messen lassen.

---

[1]) So z. B. in dem lapidaren Satz auf Seite 39 dieses Bandes: „Unter den Voraussetzungen der Homogen-Strahlungslehre genügt es, Intensität und Zeit zu bestimmen, und das kann jeder".

Da ist mir Dessauer allerdings weit voraus. Ich mühe mich heute noch mit dem praktischen Ausbau des Integral-Iontometers, von dem ich erwarte, daß es in Galvanometerschaltung die Intensität und in Elektrometerschaltung die Flächenenergie unabhängig vom Härtegrad anzeigt.

Wenn man z. B. angibt, wie groß die Halbwertschicht einer Strahlung in Wasser ist, so kann jeder Anfänger entscheiden, in welchem Grade diese Strahlung sich der Gammastrahlung des Radiums (mit 15—17 cm Halbwertschicht) nähert. Wenn ein Apparat Strahlen mit der Heterogeneität 1,8 aussendet, so sieht ein jeder Anfänger, daß diese Strahlung heterogener ist, als die eines anderen Apparates, dessen Heterogeneität beispielsweise bloß 1,2 beträgt. Und wenn man endlich angibt, welchen Sättigungsstrom ein Röntgenapparat pro cm^3 Luft in einer bestimmten Fokaldistanz und bei bestimmtem Härtegrad erzeugt, so kennen wir auch die Leistung des Apparates zahlenmäßig.

Solche Klärung der Ideen und Festigung unseres Urteils zu erreichen, war das Ziel meiner bisherigen Arbeiten. Ich halte nicht dafür, daß die Polemik des Herrn Dessauers dieses Ziel verrückt hätte.

Correspondenzen[1]).

In der letzten Sitzung der **Röntgen-Vereinigung zu Berlin** wurde für die nächste dreijährige Wahlperiode Professor R. Eberlein zum Vorsitzenden und Dr. M. Immelmann zum Schriftführer wiedergewählt. An Stelle des verstorbenen Heinz Bauer wurde Dr. Fürstenau zum Kassenführer gewählt.

Preisausschreiben über Kunstbeine.

Zu der wichtigen, heute die weitesten Kreise beschäftigenden Frage der Ersatzglieder für die Kriegsbeschädigten hat nun auch die dazu berufene Gesellschaft für Chirurgie-Mechanik in Berlin Stellung genommen. Diese Gesellschaft zählt innerhalb des Deutschen Reiches die bedeutendsten Vertreter des technisch-orthopädischen Berufs, wie Chirurgie-Mechaniker, Orthopädie-Mechaniker, Bandagisten u. a. m. zu ihren Mitgliedern. Auf der am 27. April im Kaiserin-Friedrich-Haus zu Berlin stattgehabten Hauptversammlung dieser Gesellschaft wurde der Beschluß einstimmig genehmigt, M. 10000,— als Preise für neue und beste Konstruktionen von künstlichen Beinen auszusetzen.

Bücherbesprechung.

L. Freund u. A. Praetorius: **Die radiologische Fremdkörperlokalisation bei Kriegsverwundeten.** 176 Seiten. Urban und Schwarzenberg, Berlin und Wien 1916. Preis geb. M. 7.—.

Das Buch ist eine Monographie der radiologischen d. h. röntgenologischen Fremdkörperlokalisation und aus den Erfahrungen bei Kriegsverletzungen heraus entstanden. Es ist speziell für die Bedürfnisse der Kriegschirurgie zugeschnitten.

Die Verfasser behandeln in der ersten Hälfte des Buches die bereits bekannten Methoden, hauptsächlich die Methode der Projektion auf 2 zueinander senkrechte Ebenen, die Durchleuchtung bei stetiger Rotation und die Verschiebungsmethoden mit ihren zahlreichen Variationen, bei denen mit Hilfe geometrischer Konstruktionen, durch Berechnung, oder durch besondere Einstellungsapparate oder schließlich mittels Tabellen die Lage der Fremdkörper ermittelt wird. Jeder Methode ist eine Kritik ihrer Anwendungsmöglichkeit beigefügt und ein besonders großer Raum ist der Untersuchung der zufälligen und systematischen Fehlerquellen gewidmet. Der Betrag der Fehlereinflüsse wird in exakter mathematischer Form durch partielle Differentiation der Funktionsgleichungen ermittelt, und für die verschiedenen Methoden in zahlreichen übersichtlichen Tabellen zusammengestellt.

Die zweite Hälfte des Buches handelt von den eigenen Methoden der Verfasser, die dadurch gekennzeichnet sind, daß eine orientierende Vordurchleuchtung notwendig ist.

[1]) Seitens der Redaktion der Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen ist eine **Auskunftsstelle** für alle auf die Anwendung der Röntgenstrahlen sich beziehenden Angelegenheiten eingerichtet worden. Fragen medizinischer, physikalischer oder technischer Art werden beantwortet und, soweit dieselben von allgemeinem Interesse sind, unter dieser Rubrik publiziert. Alle Anfragen sind **direkt** an die Redaktion Prof. Dr. Albers-Schönberg, Allgemeines Krankenhaus St. Georg, **Hamburg 5, zu richten.**

Bei der Rotationskreuzmethode wird eine dem betreffenden Körperteil in Form einer kreuzförmigen Marke anliegende Tangentialebene benutzt, um die kleinste Distanz „Fremdkörper-Haut" zu ermitteln und orthodiagraphisch zu messen; in der dazu senkrechten Richtung werden die Arme der Kreuze zur Orientierung benutzt. Diese Methode ist hauptsächlich für Kopf und Extremitäten geeignet. Ausgedehntere Anwendungsmöglichkeit bietet die Fremdkörperlokalisation mittels des „Lokalisationswinkels". Dieses Instrument besteht aus zwei rechtwinkligen an der Schmalseite miteinander verbundenen mit Gitterstäben versehenen und Visiereinrichtungen tragenden Eisenrahmen, die rechtwinklig zueinander stehen. Dieser Gitterwinkel wird durch Binden derart am Körper befestig, daß eine Gitterfläche im Nahepunkt des Fremdkörpers an dem Körperteil tangierend anliegt. Die Methode ist sowohl für Durchleuchtung als für photographische Aufnahmen in Art der Doppelaufnahmen geeignet. Es ist ein allgemeines Verfahren ausgearbeitet, bei der die beiden Stellungen der Röhre beliebig sind, aber die nachfolgende geometrische Konstruktion zur Ermittelung des Fremdkörperortes zahlreiche Konstruktionslinien erfordert. Das abgekürzte Verfahren ist bei der Aufnahme umständlicher, aber in der Rekonstruktion einfacher.

Die beiden eigenen Verfahren der Verfasser sind auf 54 Seiten auseinandergelegt und auf weiteren 10 Seiten geometrisch erschöpfend erläutert. Sie machen beim Lesen den Eindruck der Kompliziertheit, werden aber, sobald man damit eingearbeitet ist, ohne viel Mühe sichere und schöne Resultate geben. Auch diesen Methoden ist eine Kritik und Einfluß der Fehlerquellen beigefügt. Den Schluß des Buches bilden allgemeine Grundsätze über die Fremdkörperlokalisation, über die Anwendung der verschiedenen Methoden bei leicht- und schwerkranken Patienten, über Verschiebung der Fremdkörper bei verschiedenen Lagen des Patienten, und über die Zusammenarbeit des Röntgenologen mit dem Chirurgen.

Hamburg, Mai 1916. Physikal. Staatslaboratorium. Dr. F. Goos.

Internationale Fachliteratur.

a) Vereine und Kongresse.

Wissenschaftl. Abend des Allg. Krankenhauses St. Georg, Hamburg. 17. III. 1916.

Deneke teilt mit, daß die Ärzte der Lazarettabteilungen des Allgemeinen Krankenhauses St. Georg sich unter Führung von Albers-Schönberg vereinigt hätten, einen **Röntgen-Atlas der Kriegsverletzungen** herauszugeben. Durch reichliche Spenden wohltätiger Mitbürger seien die Herausgeber in den Stand gesetzt, das Werk zahlreichen Kriegs- und Reservelazaretten kostenlos zu überweisen. D. zeigt eine Anzahl soweit fertiggestellter Probetafeln des im Druck befindlichen Werkes.

Anschließend hieran stellt D. einen Patienten mit **Verstopfung der Arteria axillaris durch ein Infanteriegeschoß** vor, dessen Abbildungen dem Atlas entnommen sind. Es handelt sich um einen 26jährigen Musketier L., der am 7. Juni 1915 durch ein Infanteriegeschoß im Osten verwundet wurde. Das 2 cm rechts von der Wirbelsäule in halber Höhe der Skapula eintretende Geschoß durchsetzte den Thorax und blieb in der rechten Achselhöhle stecken. Bei der Aufnahme am 23. Juni 1915 wurde festgestellt, daß der Puls in den Arterien des rechten Armes vollständig fehlte. Eine am 26. Juni 1915 vorgenommene Blutdruckbestimmung ergab in der linken Arteria brachialis maximal 110 mm Quecksilber mit dem Riva-Rocci-Apparat und breiter Manschette. Am rechten Arm ist mit den gewöhnlichen Methoden eine Blutdruckbestimmung nicht ausführbar. Es wird deshalb unter Anlehnung an die Gärtnersche, für die Blutdruckmessung in den Fingerarterien bestimmte Methode wie folgt verfahren: Durch elastische Gummibinde wird die rechte Hand und der rechte Arm blutleer gemacht und nun die von Recklinghausensche Manschette unseres Blutdruckmeßapparates um den rechten Oberarm umgelegt, dann ein Druck im Apparat hergestellt, der sicher den systolischen Druck übertrifft. Nun wird die Gummibinde gelöst, und der Druck im Apparat langsam gesenkt. Es wird der Manometerstand in dem Augenblick abgelesen, in dem die vorher blasse Haut des Armes sich durch Einschießen des Blutes rötet. Im vorliegenden Fall trat diese Rötung erst bei einem Druck von 60 mm Hg ein. Dieser Wert ist sehr niedrig; bei pulslosen Aneurysmatikern wird gewöhnlich ein Druck von 80 mm Hg oder ein höherer gefunden. Es mußte also ein besonders vollständiger Verschluß der Arterie vorliegen. Die Röntgendurchleuchtung ergab, daß von einem Hämothorax rechts nur noch geringe Spuren vorhanden waren; in der rechten Achselhöhle fand sich ein schräg seitwärts und abwärts gerichtetes Spitzgeschoß. Die am 30. Juni 1915 von Fuchs vorgenommene Operation ergab, daß das Geschoß in die Arteria axillaris eingedrungen war und in ganzer Länge im Lumen der Arterie steckte wie ein Pfropf im Flaschenhalse; dadurch war gleichzeitig eine Blutung aus der Arterie verhindert worden. Das betreffende Stück der Arterie wird reseziert, die Enden miteinander vernäht und die Nahtstelle mit einem Fascienstück umwickelt. Das Röntgenbild des Befundes vor der Operation und die Abbildungen des in der Arterie steckenden Geschosses werden demonstriert. Der Heilungsverlauf war zufriedenstellend, nur durch Nervenschmerzen in der ganzen rechten Seite unterbrochen. Die nach der Heilung

durch Narbenzug anfangs beschränkte Beweglichkeit ist inzwischen wiederhergestellt. Ein Puls in den Arterien des rechten Armes ist aber nicht wieder aufgetreten. Die Muskulatur ist nicht atrophisch. Die Brauchbarkeit des Gliedes ist für leichtere Arbeit wiederhergestellt, doch soll noch schnelle Ermüdung eintreten. Eine nach obiger Methode vorgenommene Blutdruckmessung ergibt jetzt 65 mm Hg.

Hambg. Ärzte-Corresp. 1916, Nr. 18.

Wissenschaftl. Abend im Krankenhaus Eppendorf, Hamburg. 6. V. 1916.

Kotzenberg bespricht die Wirkung der künstlichen Höhensonne in Kombination mit Röntgenbestrahlung **bei schlecht granulierenden eiternden Wunden,** insbesondere bei den lange eiternden Fisteln der Amputationsstümpfe in den Lazaretten. Ganz besonders, diese oft monatelang stinkenden Eiter absondernden Fisteln konnten durch die Sonnen-Röntgenbehandlung in kürzester Zeit zur Ausheilung, oder beinahe zur Ausheilung gebracht werden, so daß die Verletzten sehr rasch ihre Prothesen erhalten konnten. Demonstration einer Anzahl Verwundeter mit so behandelten Amputationsstümpfen. In vielen Fällen ist es möglich gewesen, durch die gute Wirkung dieser Behandlungsmethode Nachamputationen zu vermeiden, was besonders bei den häufig an sich schon recht kurzen Unterschenkelstümpfen von sehr großer Bedeutung ist. Auch die nach Knochenschüssen ja ganz besonders häufige Pseudarthrosenbildung wird durch die Sonnen-Röntgenbehandlung weit besser beeinflußt als durch Röntgenbehandlung allein. Natürlich kann auch die beste Lichttherapie bei Muskelinterposition keine Knochenbildung anregen. (Demonstration einiger Schuß- und anderer Frakturen, die durch das Verfahren nach 2—4 Bestrahlungen [Tiefentherapie] gefestigt wurden). Die glänzendsten Erfolge wurden mit der Sonnen-Röntgenbehandlung bei Knochentuberkulose erzielt. Schwerste fungöse Erkrankungen sowohl bei Erwachsenen wie bei Kindern, die bisher rettungslos der Amputation oder Resektion verfallen waren, wurden durch die Behandlung zur Ausheilung gebracht. Und zwar handelt es sich bei den demonstrierten Fällen nicht um Weichteiltuberkulose, die auch bisher durch Röntgen allein gut beeinflußt werden konnte, sondern um schwere Knochentuberkulose. (Demonstration eines derartigen, bis jetzt noch sehr steifen aber vollkommen ausgeheilten Falles von Handgelenkstuberkulose, eines anderen von Ellenbogen- und Schultergelenktuberkulose.) Bei einer anderen Anzahl von fungösen Erkrankung des Kniegelenks konnte Ausheilung bei vollster Beweglichkeit erzielt werden. Diese Fälle treffen zumeist Kinder, aber auch ein Erwachsener mit schwerem Fungus des rechten Kniegelenks wird demonstriert, bei dem das Knie wieder volle Beweglichkeit hat.

Hambg. Ärzte-Corresp. 1916, Nr. 22.

b) Journalliteratur.

Deutsche medizinische Wochenschrift. 1915. Nr. 24, S. 700.

Ludwig Nürnberger-München: **Klinische Blutuntersuchungen bei der gynäkologischen Tiefentherapie.** Bekannt ist die Reaktion des lymphatischen Apparats, der Milz und des Knochenmarks auf Röntgenstrahlen bei Blutkrankheiten, während dieBlutuntersuchungen des normalen Organismus bei der Applikation von Röntgenstrahlen noch verhältnismäßig wenige Bearbeiter gefunden haben. Den Untersuchungen des Verfassers ist das Material der Münchener gynäkologischen Klinik zugrunde gelegt. Es wurden Blutdruck, Hämoglobin, die Zahl der roten und weißen Blutkörperchen und endlich das Verhältnis der einzelnen Leukozytenformen zu einander bestimmt. Die Grundleiden waren Karzinom, Myom und Metropathien. Hierbei konnte festgestellt weden, daß der Blutdruck keine charakteristischen Veränderungen zeigte, ebenso verhielt sich der Erythrozytenapparat im allgemeinen refraktär. War das Grundleiden dagegen von einer sekundären Anämie begleitet, dann konnte entsprechend den Ergebnissen der Strahlenbehandlung der Blutkrankheiten auch hier ein Ansteigen der Zahl der roten Blutkörperchen festgestellt werden. Dem entsprechend nahm auch der Hämoglobingehalt des Blutes zu Dahingegen lassen sich die durch Röntgenstrahlen oder Mesothoriumbehandlung erzielten Veränderungen in folgende Sätze zusammenfassen: entweder unmittelbar im Anschluß an die Bestrahlung oder nach ein- bis zweitägiger Latenzzeit erfolgt ein akuter Anstieg der Gesamtleukozyten und Neutrophilen, kombiniert mit einem Schwund der Lymphozyten. Nach ein bis drei Tagen fallen die Gesamtleukozyten und Polynukleären auf normale bis subnormale Werte ab unter gleichzeitigem Anstieg der Lymphozyten und erst nach sechs bis acht Tagen ist der Blutprozeß abgelaufen. Bei mehrmaligen, kurz aufeinander folgenden Einwirkungen von Strahlen zeigen sich die gleichen Alterationen, doch sind in der Regel die späteren Ausschläge geringer als der erste. Im allgemeinen ist jedoch der Schluß berechtigt, daß eine dauernde Schädigung der blutbildenden Organe nicht nachzuweisen ist.

Nr. 24, S. 705. Strauß-Berlin: **Die Gastro-Coloptose in radiologischer Betrachtung, unter besonderer Berücksichtigung der neuesten Publikation Rovsings.** Polemik gegen von Rovsing in seinem Buche „die Gastro-Coloptose“ gegen die Röntgenologen erhobenen Vorwürfe.

Hayward.

Deutsche Militärärztliche Zeitschrift. 1915. 23./24. Heft.

Heusner-Gießen: **Theoretische und praktische Bemerkungen zur Strahlentherapie.** H. lobt die Nitralampe der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft, Berlin, in der von der Quarzlampen-Gesellschaft Hanau ausgearbeiteten Nitra-Bestrahlungslampe. Er hält sie für eine in mehrfacher Beziehung wertvolle Bereicherung unserer therapeutischen Bestrahlungsapparate. Sie vereinigt die Strahlenwirkung der Quarzlampe mit derjenigen einer Strahlenquelle mit völlig entsprechender Lichtstärke.

1916. 3./4. Heft. Salomon: **Zum Problem der Steckschüsse.**

Weski-Berlin: **Die anatomische Rekonstruktion der Geschoßlage.** S. empfiehlt die Eintragung der Lokalisationsergebnisse in ein Querschnittsschema. Weski teilt die Arbeit der Geschoßlokalisation sehr richtiger Weise in einen röntgentechnischen Teil, den man gut geschultem Personal überlassen kann und in einen röntgenärztlichen Teil, der dem röntgenologisch ausgebildeten Arzt obliegt.

Wiener klinische Wochenschrift. 1915. Nr. 23.

Swoboda-Wien: **Bemerkungen zum Röntgenbetriebe in Verwundetenspitälern.** S. empfiehlt die Anfertigung von verkleinerten Zeichnungen nach Röntgenplatten zur Illustration der Krankengeschichten. Die Verkleinerung rät er mit Hilfe einer quadratischen Feldereinteilung vorzunehmen.

Nr. 41. Hess-Wien: **Über eine einfache Methode zur Bestimmung der Tiefenlage des Projektils im Körper bei Steckschüssen.** H. setzt die wirkliche Größe des Projektils als bekannt voraus und berechnet die Tiefenlage aus der Vergrößerung des Schattens auf der Platte. Hierfür muß H. aber auch voraussetzen, in jedem Falle zu wissen, von welcher Nation oder Geschoßfabrik das Projektil oder die Schrapnellkugel stammt, was m. E. kaum möglich ist, da mit Sicherheit aus dem Röntgenogramm nicht immer abzulesen ist und bei den Verhältnissen dieses Krieges die betreffende Frontstelle der Verwundung keine Garantie für die Herkunft des Geschosses gibt. Die Genauigkeit, bes. im Abdomen, Becken usw., kann keine sehr große sein und steht der orthodiagraphischen Durchleuchtung sicher nach.

Nr. 52. Saxl: **Pseudarthrosen der Metakarpen nach Schußfrakturen.** Die Röntgenbefunde sind besonders berücksichtigt. Schußfrakturen, die eine Pseudarthrose zurücklassen, sind fast immer durch Nahschuß bedingt, seltener durch Schrapnellverletzung oder Fernschuß. Das Nichtverheilen des verletzten Mittelhandknochens wird hervorgerufen durch die Knochensplitterung, den Verlust von Periost und dem langwierigen Eiterungsprozeß während der Wundheilung.

1916. Nr. 1—15 enthalten keine röntgenologischen Originalarbeiten. Haenisch (Hamburg).

American Journal of Röntgenology. Februar 1916.

Sidney Lange-Cincinnati: **Die Röntgenbehandlung von Menorrhagie, Dysmenorrhoe und Myom.** Seit der Anwendung der Coolidge-Röhre braucht man die Anwendung der Röntgenstrahlen nicht mehr auf das Alter von 39 Jahren (Albers-Schönberg) zu fixieren. L. hat mit der Röntgenbestrahlung bei 50 Fällen von Menorrhagie, Dysmenorrhoe und Myom gute Erfolge erzielt, künstliche Menopause. Es hat sich als praktisch erwiesen, die Bestrahlung zunächst auszusetzen, sobald eine Menstruation ausbleibt. Bei Kranken über 40 Jahren genügt die Applikation von 100 x meist, um Menopause herbeizuführen. L. bestrahlt gewöhnlich nur in vier Eingangsfeldern, verwendet eine Coolidge-Röhre von 9 bis $9^1/_2$ Zoll Schlagweite, Filter von Leder + 3 mm Aluminium. Ein Feld erhält zunächst 20 x (bis 100 x in einer Sitzung). Es gelingt jetzt 20 x in $2^1/_2$ Minuten zu verabfolgen (10 milli). Die längste Behandlungsdauer betrug acht Sitzungen (800 x bei einem 20jährigen Mädchen). Eine weitere Patientin von 17 Jahren erforderte 700 x, eine Frau von 26 Jahren 600 x, eine Frau von 32 Jahren 500 x.

George E. Pfahler und J. D. Zulick-Philadelphia: **Die Behandlung des Morbus Basedow mit Röntgenstrahlen.** Die Statistik über die Röntgenbehandlung der Basedowschen Krankheit ergibt keine brauchbaren Vergleichsdaten, weil die angewandte Technik bis vor kurzem sehr differierte, weil zudem die angezogene Kasuistik der Fälle nicht vergleichbar ist. Die Behandlung muß entsprechend der Dauer der Krankheit, der Symptomatologie und den besonderen Erscheinungen differieren. Gelegentlich treten nach der ersten Behandlung Verschlimmerungen auf, so daß es — besonders bei frischer Erkrankten — ratsam ist, zunächst kleinere Dosen zu applizieren. Da in 50—90% aller Erkrankungen die Thymus vergrößert ist, erscheint es geraten, diese mit zu behandeln. (Vor der Bestrahlung ist festzustellen, wie weit der Kropf in den Thoraxraum hineinreicht, ob das Herz vergrößert ist, usw) Wenn die Thymus nicht vergrößert ist, genügt eine Bestrahlung durch das Sternum. Bei erheblicher Vergrößerung der Schilddrüse sind verschiedene Felder zu bestrahlen. Zunächst soll man auf jede Area nicht mehr als 20 x verabfolgen und eine Pause von 3—4 Wochen eintreten lassen. Gelegentlich dürfte es zweckmäßig sein, nach einer einzigen Bestrahlung, bzw. einer Serienbestrahlung (Felder) einige Wochen abzuwarten. Die ersten fast regelmäßig auftretenden günstigen Veränderungen sind Gewichtszunahme und Pulsabnahme. Kropfgröße und Exophthalmus werden häufig gar nicht beeinflußt. Die Behandlung soll nicht zu lange fortgesetzt werden (Hypothyreoidismus). C. Klieneberger.

Druck von Hesse & Becker in Leipzig.

Anweisung für die Verpackung von Platten.

Infolge mangelhafter Verpackung erhält die Redaktion die zur Reproduktion bestimmten Platten sehr häufig in zerbrochenem Zustande. Um die Autoren vor Schaden zu bewahren, empfehlen wir die Platten durch einen Sachverständigen (Glaser, Photograph) verpacken zu lassen. Sollte dieses nicht möglich sein, so verfährt man zweckmässig in folgender Weise. Die zum Postversand bestimmten Platten werden in Seidenpapier (nicht in Zeitungspapier) eingewickelt, in einen leeren Plattenkasten von gleichem Format verpackt. Für den Fall, dass sie den Kasten nicht vollständig ausfüllen, muss der übrig bleibende Raum mit Watte prall ausgefüllt werden. Der Plattenkasten wird alsdann mit Bindfaden verschnürt und nunmehr in einer Kiste sorgfältig mittelst Holzwolle verpackt. Der Plattenkasten kann auch in einer dicken Umhüllung von Holzwolle mittelst Packpapier umwickelt und verschnürt werden. Jedenfalls muss im letzteren Falle die Schicht der Holzwolle so dick genommen werden, dass etwaige Stösse nicht bis auf den Kasten durchzudringen vermögen.

Manuskripte sind an die Redaktion, Prof. Dr. Albers-Schönberg, Allgemeines Krankenhaus St. Georg, Hamburg 5, zur Reproduktion bestimmte Platten direkt an den Verlag zu richten. Druckschriften können auch auf dem Buchhändlerwege durch die Verlagsbuchhandlung Lucas Gräfe & Sillem in Hamburg übermittelt werden.

Für die Tafeln bitten wir der Verlagsbuchhandlung nur tadellos ausgeführte Abzüge zu senden oder, falls solche nicht vorhanden, die Original-Negative.

Unsere Herren Mitarbeiter erhalten 10 Separatabdrücke von den Tafeln und 25 Abzüge ihrer Arbeit gratis nach Drucklegung des Heftes.

Druck von Hesse & Becker in Leipzig.

Vom Sanitätsamt IX. Armeekorps zur Ausfuhr zugelassen Nr. 38093.

Band XXIV Ausgegeben am 30. September **Heft 3**

Fortschritte

auf dem Gebiete der

Röntgenstrahlen

herausgegeben von

Professor Dr. Albers-Schönberg

Hamburg

Lucas Gräfe & Sillem

(Edmund Sillem)

1916

Die Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen erscheinen bei Lucas Gräfe & Sillem in Hamburg, Kaiser-Wilhelm-Strasse 82 I, in Bänden von je 6 Heften. Abonnementspreis 30 Mark pro Band.

Inhalt.

Sachregister.

Literatur-Register der Fortschritte 1897—1907 in Band XI. (Sep.-Abdruck Preis M. 1.—.)

Namenregister (ein * bedeutet Originalartikel).

(Fortsetzung auf Seite 3 des Umschlages.)

Ziele und Probleme der Röntgenstrahlenmeßtechnik.

Von

Dr. **Friedrich Voltz,** Nürnberg.

(Fortsetzung.)

VII. Geometrisches aus der Optik der Röntgenstrahlen.

Bevor wir nun auf die eigentlichen Röntgenstrahlenmeßapparate eingehen, und hierbei die Ziele und Probleme der Röntgenstrahlenmeßtechnik eingehend behandeln, müssen wir zuerst noch einiges Allgemeine ausführen über mehrere Gesetze der geometrischen Optik, denen auch die Röntgenstrahleu infolge ihrer Lichtnatur unterliegen.

Die Energie der Röntgenstrahlen nimmt bekanntlich, wenn wir von jeglicher Absorption der Strahlen innerhalb eines Mediums absehen, mit dem Quadrate der Entfernung ab. Wenn eine bestimmte Lichtenergie von der Größe E_o zum Beispiel in 1 m Entfernung von der Energiequelle auf 1 cm² auftrifft, so trifft die gleiche Energiemenge in 2 m Entfernung auf 4 cm² auf. Die Energie pro cm² ist in 2 m Entfernung lediglich nur mehr $^1/_4\, E_o$ und in 3 m Entfernung beträgt sie nur mehr $^1/_9\, E_o$. Es gilt also, wenn E_n die Energie in $n\ m$ Entfernung ist und E_m in $m\ m$ Abstand

22) $$E_n : E_m = m^2 : n^2.$$

Die Größe E_o stellt die Flächenenergie der Röntgenstrahlen dar, welche, wenn die Absorption aus der Betrachtung ausscheidet, dem Gesetze der quadratischen Abnahme unterliegt.

Bezeichnen wir die Intensität, welche von der als punktförmig anzunehmenden Energiequelle, dem Brennfleck auf der Antikathode der Röntgenröhre, ausgeht und auf 1 cm² eines zu bestrahlenden Körpers auftrifft, mit $J_o \cdot J_o$ ist die Flächenintensität der auffallenden Strahlen. Dosis nennen wir nun diejenige Menge von Röntgenstrahlenenergie, welche in 1 cm³ eines Körpers absorbiert wird. Da aber die Intensität der Strahlen beim Eindringen in die einzelnen Körperschichten fortwährend abnimmt, so ist die Dosis naturgemäß in verschiedenen Tiefen verschieden. Man muß deshalb die Tiefe angeben, für welche die Dosis bestimmt werden soll. Es ist zu unterscheiden zwischen einer Tiefendosis, und zwar für unter Umständen ganz verschiedene Tiefen und einer Oberflächendosis. Die Oberflächendosis erhält man, wenn man die im Oberflächenvolumen eines Körpers absorbierte Röntgenenergie durch dieses Volumen dividiert. Bezeichnen wir den Intensitätsverlust mit $d\,J_o$, dann ist die Oberflächendosis pro Zeiteinheit, wenn $d\,x$ den Weg senkrecht zur Oberfläche bedeutet

23) $$\frac{D}{t} = \frac{d\,J_o}{d\,x}.$$

Dauert die Absorption der Strahlung in diesem Volumen des Mediums t Sekunden, so ist die Dosis während dieser Zeit

24) $$D = \frac{d\,J_o}{d\,x} \cdot t.$$

Statt $d\,J_o$ und $d\,x$ können wir nun Intensität und Härte der Röntgenstrahlen einführen. Da das Röntgenstrahlengemisch einen Teil des elektromagnetischen Spektrums darstellt, so dürfen wir den Intensitätsverlust $d\,J_o$ auch entsprechend ausdrücken und $d\,J_o$ proportional der auffallenden Intensität J_o und dem Weg $d\,x$ setzen, es ist nämlich:

25) $$d\,J_o \text{ proportional } J_o,$$

außerdem gilt

26) $$d J_o \text{ proportional } d x.$$

Damit ist

27) $$d J_o = k \cdot J_o \cdot d x.$$

Der in dieser Gleichung (27) auftreffende Faktor k ist ein Maß für die Stärke der Absorption in dem betreffenden Medium und wird Absorptionskoeffizient genannt; wir haben denselben bereits eingangs erwähnt und bei der Behandlung des Sekundärstrahlenproblems von ihm Gebrauch gemacht.

Wir haben dort den Koeffizienten k_m aufgeführt und bemerkt, daß er die Absorptionsfähigkeit des Mediums pro Masseneinheit mißt.

Es ist nun leicht zu sehen, daß, wenn σ die Dichte des absorbierenden Mediums darstellt,

28) $$k_m = \frac{k}{\sigma} \text{ wird oder}$$

29) $$k = \sigma k_m \text{ ist.}$$

Es mißt also k_m die Absorption des Mediums pro Masseneinheit, k pro Dickeneinheit.

Statt der obenerwähnten Gleichung

27) $$d J_o = k \cdot J_o \cdot d x$$

können wir auch folgende Gleichung setzen

30) $$D = k \cdot J_o \cdot t.$$

Demgemäß sind zur Bestimmung der Dosis drei Größen zu messen, nämlich die Intensität J_o, der Absorptionskoeffizient k, und die Zeit t. Die vorstehende Gleichung gibt uns damit die weitere Grundlage für die Behandlung unseres Themas „Ziele und Probleme der Röntgenstrahlenmeßtechnik".

Man kann statt des in der Physik gebräuchlichen Absorptionskoeffizienten k bzw. k_m auch die sogenannte Halbwertschicht anwenden. Der Begriff wurde bekanntlich von Christen eingeführt und in der diesbezüglichen Literatur von ihm eingehend definiert. Wir kommen bei der Behandlung der Qualitätsmessung eingehender auf den Begriff zurück und werden wir dort die Beziehungen zwischen Absorptionskoeffizienten und Halbwert kennen lernen.

Wir haben den Zusammenhang zwischen Absorptionskoeffizient und Halbwert bereits angewandt bei der Umrechnung der Tabelle I in Tabelle II.

Wir besitzen nun allerdings keinerlei Apparate, welche das in der Gleichung (30) auftretende Produkt $k \cdot J_o \cdot t$ direkt messen; wir müssen vielmehr, um die Dosis zu erhalten, alle drei Faktoren einzeln bestimmen. Ein Dosimeter besteht daher immer aus einem Intensimeter und einem Härtemesser. Der Zeitfaktor kann ja ohne besondere Schwierigkeiten mitbestimmt werden.

VIII. Die qualitative Messung der Röntgenstrahlen.

Wir haben zu Eingang dieser Arbeit erwähnt, daß wir über fünf Methoden zur Härtemessung der Röntgenstrahlen besitzen. Die in der Praxis gebräuchlichen Methoden, wie z. B. die Messung der Härte mit der Wehneltskala oder auch die von Benoist angegebene Methode, ebenso wie die von Christen angegebene, beruhen alle auf dem Prinzipe der Absorptionsmessung. Eine Absorptionsmessung gibt aber immer nur einen Mittelwert an, niemals Grenzwerte. Mit Rücksicht jedoch auf die in einem besonderen Kapitel ausführlich behandelte Forderung der Karzinomtherapie ist bereits ausgeführt worden, daß eine Absorptionsmessung uns für diesen speziellen Zweck nicht vollen Aufschluß geben kann, weil eben der durch die Absorptionsmessung definierte Mittelwert aus sehr verschiedenen Summanden zusammengesetzt sein kann.

Eine Härtung der Strahlung ist, wie wir in der Einleitung zu dieser Arbeit eingehend behandelten, immer mit einer Erhöhung der an der Röntgenröhre anliegenden und zur Wirkung kommenden Spannung verbunden und wenn durch irgendeine technische Neuerung das Spektrum des von einer Röntgenröhre ausgehenden Strahlengemisches sich gegen den Spektralbezirk der Gammastrahlen des Radium *C* oder des Mesothorium zu verschieben soll, so muß eben, nachdem das Spektrum hinreichend durch die Spannungskurve definiert ist, der Punkt der Maximalspannungen innerhalb der Kurve in diesem Falle höher liegen, als bei anderen Vorrichtungen und auch sonst muß die Form der Kurve eine günstigere sein, d. h. es sollen niedere Spannungswerte möglichst ausgeschaltet werden, um damit die Erzeugung langwelliger Strahlen zu vermeiden. Die Spannungen, welche an Röntgenröhren herrschen, lassen sich messen und auch

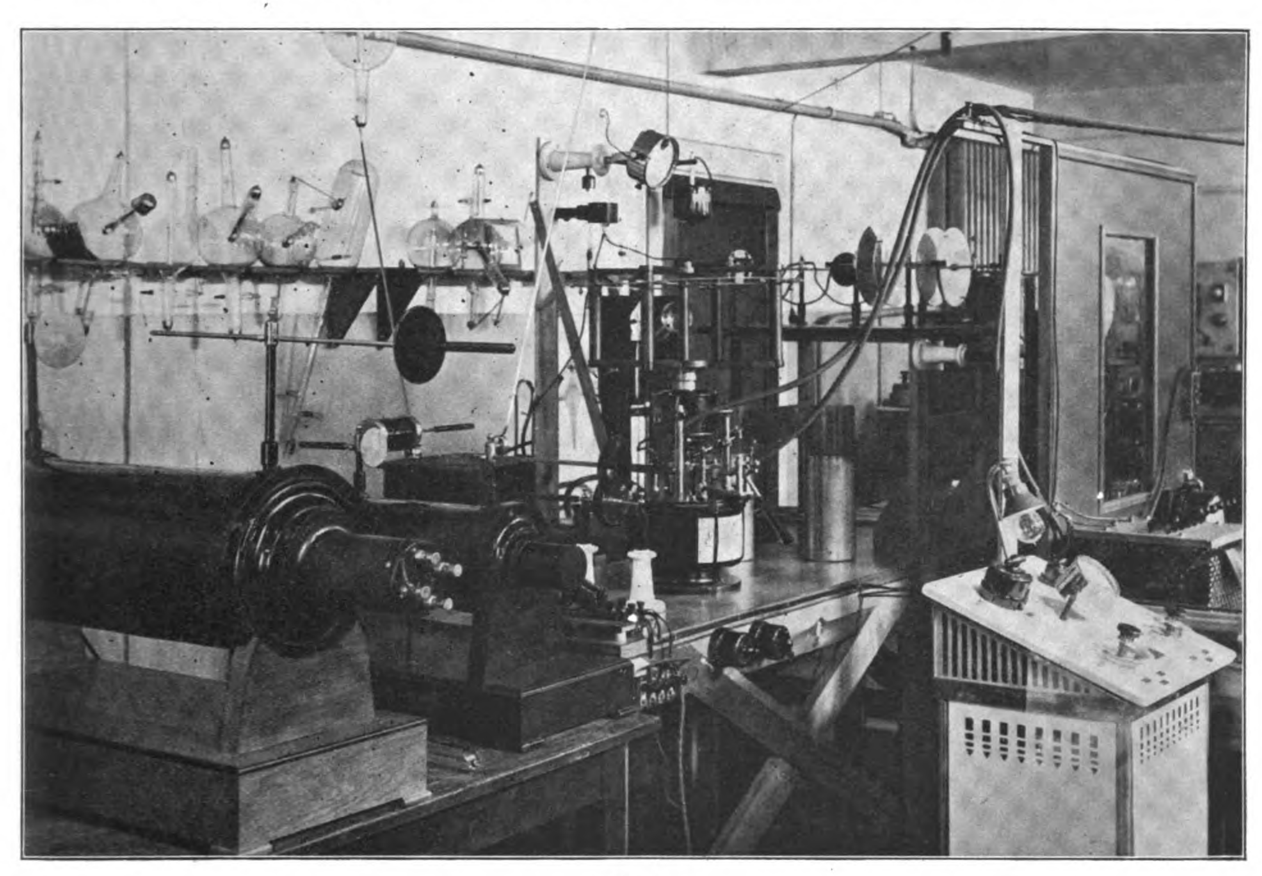


Abb. 10.

die Form der Spannungskurve an der Röhre läßt sich mittels besonderer Methoden feststellen.

Wir haben bei den im folgenden eingehend beschriebenen Versuchen eine Versuchs- und Meßanordnung aufgebaut, welche wir hier kurz beschreiben wollen. Die bei den Versuchen außerdem noch gebräuchliche Vorrichtung zur Analyse der Stromkurve haben wir eingangs bereits beschrieben und somit erübrigt sich ihre Beschreibung an dieser Stelle.

Zur Verfügung standen bei all den Versuchen ein Funkeninduktorium von 35 cm Schlagweite, ferner ein weiterer Funkeninduktor von 50 cm Schlagweite und primär veränderlicher Selbstinduktion, sogenannter Walterschaltung. Außerdem waren zwei Gasunterbrecher mit veränderlicher Stromschlußdauer vorhanden. Auf beide Unterbrecher waren rotierende Nadelschalter aufmontiert, welche den Zweck haben, durch die Röhre nur absolut gleichgerichteten Sekundärstrom hindurchzulassen. Dieser Zweck wird erreicht dadurch, daß die Nadelschalter so eingestellt sind, daß sie den Hochspannungskreis während der Periode des Schließungsstromes von der Röhre abschalten. Die Konstruktion der beiden Nadelschalter war insofern

verschieden, als der eine zwei Kontaktsegmente und zwei Nadeln hatte, während der andere zum Gleichrichten des Sekundärstromes nur eine Nadel, dagegen vier Kontaktlamellen besaß. Durch eine besondere Schaltungsanordnung war es außerdem möglich, abwechslungsweise jeden der beiden Induktoren durch einen der beiden Gasunterbrecher, welche mit Leuchtgas als Dielektrikum betrieben wurden, in Funktion zu setzen. Parallel zu den Unterbrechern waren zwei Meirowsky-Kondensatoren von je ein MF gelegt. Neben den beiden rotierenden Nadelschaltern waren in den Hochspannungskreis eine variable Vorschaltfunkenstrecke eingebaut, ferner ein Milliampèremeter, sowie ein Bauersches Qualimeter. Parallel zu der Röntgenröhre war eine Parallelfunkenstrecke eingebaut mit einer maximalen Schlagweite von 40 cm. Von der Parallelfunkenstrecke gingen zwei Zuleitungen zu zwei voneinander getrennt angeordneten Luftkondensatoren, welche auf isolierenden Hartgummisäulen aufgebaut waren. Der Durchmesser der Metallplatten der Kondensatoren war 30 cm. Die Platten waren an ihren Flächen sowohl, als insbesondere am Rand mit einem Überzug von Wachs versehen, um das Sprühen und damit Funkenüberschläge zu vermeiden.

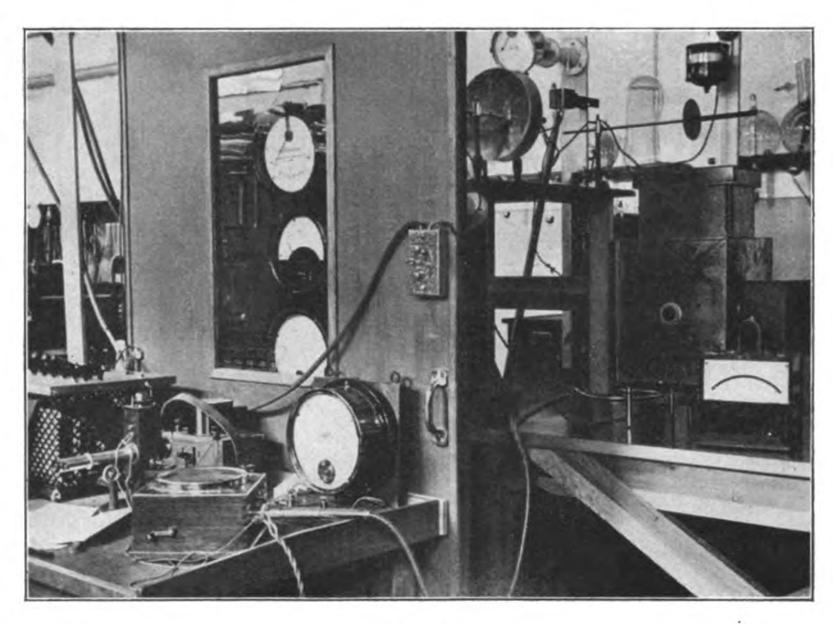


Abb. 11.

Die Entfernung der Platten war variabel. Außerdem waren die Platten gegen störende elektrische Aufladungen abgeschirmt. In dem Kondensatorkreis war ein Voltmeter eingeschaltet, welches damit einen der Röntgenspannung proportionalen Ausschlag ergab. An Voltmetern standen zur Verfügung eines von Gans & Goldschmidt, mit einem Meßbereich von 0—1600 Volt, ein zweites von Hartmann & Braun, mit einem Meßbereich von 0—5000 Volt, ein drittes von der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft, mit einem Meßbereich von 0—10000 Volt. Das zu den Versuchen zur Verfügung stehende Röhrenmaterial war ein außerordentlich reichhaltiges. Die jeweils zur Verwendung gekommene Röhrentype ist bei den einzelnen Versuchsdaten mit aufgeführt.

Die Abbildung 10 gibt uns einen Überblick über die Versuchsanordnung. Wir sehen die beiden Funkeninduktoren, ferner einen Gasunterbrecher mit rotierendem Hochspannungsschalter. Der zweite Gasunterbrecher und der zweite Hochspannungsschalter wurden erst später eingebaut. Im Hochspannungskreis sehen wir außer dem Milliampèremeter und dem Bauerschen Qualimeter deutlich die beiden Luftkondensatoren. Sie sind noch ohne die Abschirmung, die sich erst später als notwendig erwies.

Abbildung 11 gestattet uns noch einen Blick auf die Spannungsmeßanordnung. Wir sehen die drei übereinander eingebauten Hochspannungsvoltmeter, von denen je nach Bedarf und Zweck das eine oder das andere eingeschaltet werden konnte.

Im Vordergrund sehen wir noch eine Elektrometeranordnung, von welcher durch einen isolierten Metallschlauch die Verbindung zur Ionisationskammer, die an der Röhre angebracht war, führte. Diese Anordnung wurde im Laufe der Versuche gegen eine besonders empfindliche Anordnung mit einem Cremer-Edelmannschen Saitenelektrometer ausgetauscht. Die weiteren für die einzelnen Versuche besonderen Anordnungen sollen anläßlich der Beschreibung der einzelnen Versuche noch behandelt werden.

Zu weiteren Versuchen standen außerdem noch ein sogenannter Hochspannungsgleichrichterapparat zur Verfügung, bei dem in bekannter Weise der hochgespannte Wechselstrom eines eisengeschlossenen Transformators durch eine im Hochspannungskreis eingebaute rotierende Schaltvorrichtung in hochgespannten intermittierenden Gleichstrom umgewandelt werden konnte.

Da es für manche Versuche als wünschenswert erschien, besonders kurzzeitige Entladungsstöße durch die Röhre zu schicken, bei welchen also die niederen Spannungswerte der Spannungskurve nach Tunlichkeit ausgeschaltet waren, so konstruierte ich mir einen besonderen Nadelschalter für Funkeninduktorien, welcher in der nächsten Abbildung 12 schematisch aufgezeichnet ist.

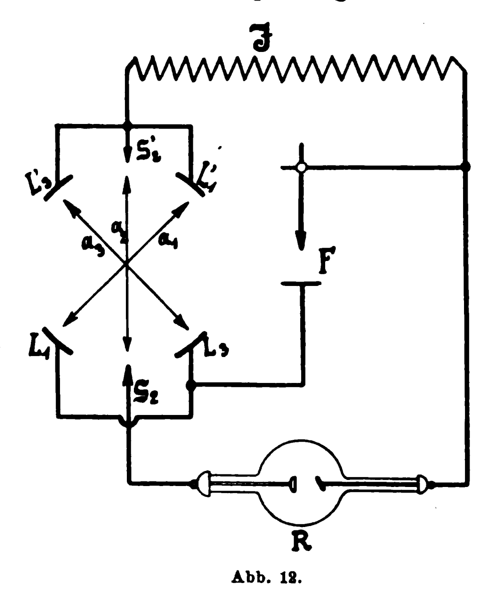


Abb. 12.

a_1, a_2, a_3 stellen verschiedene Stellungen des Nadelschalters dar. s'_2 und s_2 sind zwei in Spitzen auslaufende Segmente und zwar ist s'_2 mit dem Sekundärkreis J des Induktoriums verbunden, während s_2 mit der einen Elektrode der Röhre verbunden ist, während die andere Elektrode der Röhre mit dem anderen Pol des Sekundärkreises des Induktoriums J in Verbindung steht. L_1 und L'_1, sowie L_3 und L'_3 sind vier Segmente, welche in wenigen Millimetern Abstand an die spitzigen Segmente s_2 und s'_2 anschließen. L'_3 und L'_1 sind unter sich verbunden und zugleich wieder mit s'_2 verbunden. L_1 und L_3 sind lediglich unter sich verbunden, stehen also in keinerlei Verbindung mit s_2. Sie sind vielmehr mit dem einen Pol eines Widerstandes verbunden, dessen anderer Pol mit der einen Leitung des Sekundärkreises in Verbindung steht. Gilt nun, daß der Widerstand W_1 der Funkenstrecke kleiner ist, als der Widerstand W_2 der Röntgenröhre, wobei noch die Bedingung daran zu knüpfen ist, daß die Differenz zwischen W_1 und W_2 nicht größer sein darf, als der Widerstand des Luftraumes, welcher die Segmente L_1 bzw. L_3 von dem Segment s_2 trennt, so gleicht sich bei der Stellung a_1 der Nadelschalter die Spannung über die Funkenstrecke F aus. Ebenso bei der Stellung a_3 der Nadel, während lediglich bei der Stellung a_2 der Nadel der Ausgleich durch die Röhre zustande kommt. Der Pfeil deutet die Drehrichtung des Nadelschalters an. Die mit diesem Nadelschalter angestellten Versuche haben sehr günstige Resultate ergeben und es ist auf diese Weise tatsächlich gelungen, eine möglichst wenig heterogene Strahlung zu erzielen. Die besonderen Versuche hiermit werden weiter fortgesetzt und es soll in einer späteren Arbeit hierüber berichtet werden.

Wir haben bemerkt, daß die mittleren Spannungen, welche an Röntgenröhren herrschen, sich messen lassen und zwar haben wir bereits eine Meßeinrichtung beschrieben, welche in ziemlich einwandfreier Weise die mittleren Spannungswerte an der Röntgenröhre mißt.

In der Praxis findet man auch die Messung der Spannung an der Röntgenröhre durch die Parallelfunkenstrecke. Die Messung durch die Parallelfunkenstrecke ist jedoch nicht ein-

wandfrei, denn die Wirkung der Parallelfunkenstrecke, welche übrigens auch in der Physik ein sehr gebräuchliches Maß ist, hängt, abgesehen von der Form der Elektroden, sehr von der Form der Entladung ab. Ludewig hat in seiner Arbeit über „den praktischen Betrieb von Röntgenröhren" in der „Physikalischen Zeitschrift" (93) auf diesen Umstand hingewiesen. Es zeigte sich nämlich, daß eine Röntgenröhre, die gleiche optisch gemessene Härte anzeigt, ein anderes Strahlengemisch emittiert, wenn man sie von einem ersten Induktor an einen zweiten anderer Bauart anschaltet oder auch, wenn man vom Induktorbetrieb zum Betrieb mit Hochspannungsgleichrichtern übergeht. Dies auch dann, wenn in all diesen Fällen die Funkenschlagweite des Induktors und des Hochspannungsgleichrichters auf dieselbe Größe eingestellt war. Es folgt damit für die Praxis, daß eben die Messung mit Parallelfunkenstrecken nicht einwandfrei ist, sondern daß hier größte Vorsicht walten muß. Die Spannungsmessung, wie wir sie eben beschrieben haben, also durch Hochspannungsvoltmeter, ist hinreichend zuverlässig und wir können sie im praktischen Betriebe mit Vorteil verwenden. Der Voltmeterausschlag ist dabei ein relatives Maß für die jeweils an der Röntgenröhre herrschende mittlere Spannung.

Eicht man dann sein ganzes System, so kommt man zu sehr brauchbaren Werten.

Die nachfolgenden Tabellen geben uns eine Anzahl von Meßreihen wieder, welche bei verschiedenen Plattenentfernungen des Luftkondensators aufgenommen wurden. Während einer Meßreihe wurde jeweils die Belastung der Röntgenröhre, sowohl als auch der Härtegrad der Röhre, konstant gehalten. Die Messungen wurden außerdem mit verschiedenen Röhrentypen, sowohl mit metallarmen als auch mit metallreichen Röhren, durchgeführt und ergaben regelmäßig verlaufende Kurven. Die einzelnen Versuchsbedingungen sind in den Tabellen mit aufgeführt. Es bedeuten in den Tabellen r die Plattenentfernung, V_0 die am Hochspannungsvoltmeter gemessene und der Röhrenspannung proportionale Spannung, i_s die sekundäre Stromstärke.

Tabelle IV.

	r	$i_s = 1$ M.A.	$i_s = 2$ M.A.
		V_0	V_0
35 cm Induktor Effektröhre von Reiniger, Gebbert & Schall	1,0	4000	—
	1,5	2650	—
	2,0	2000	3100
	2,5	1500	—
	3,0	1400	2000
	3,5	1300	—
	4,0	1250	1800
	4,5	1200	—
	5,0	1150	1600
	5,5	1100	—
	6,0	1050	—
	6,5	1000	—
	7,0	950	1500
	7,5	—	—
	8,0	—	—
	8,5	—	—
	9,0	—	—
	9,5	—	—
	10,0	—	—

Die nachfolgende Tabelle V ist unter den gleichen Bedingungen aufgenommen worden, jedoch mit einer anderen Röhre.

Tabelle V.

	r	$i_s = 2$ M.A.
		V_0
35 cm Induktor Wasserkühlröhre von Reiniger, Gebbert & Schall	1,5	5000
	2,0	4000
	2,5	—
	3,0	2900
	3,5	—
	4,0	2300
	4,5	—
	5,0	2050
	5,5	—
	6,0	1900
	6,5	—
	7,0	1800
	7,5	—
	8,0	1700

Die folgende Tabelle VI ist unter ebenfalls gleichen Versuchsbedingungen aufgenommen worden, jedoch mit einem anderen Funkeninduktorium und einer anderen Röhre.

Tabelle VI.

	r	$i_s = 2$ M.A.
		V_0
50 cm Induktor Trockenkühlröhre der Radiologie	1,5	3000
	2,0	2300
	2,5	2000
	3,0	1800
	3,5	1600
	4,0	1500
	4,5	1450
	5,0	1400
	5,5	1380
	6,0	1350
	6,5	1300
	7,0	1250
	7,5	1200
	8,0	1180
	8,5	1150
	9,0	1120
	9,5	1080
	10,0	1050

Die in den Tabellen IV, V und VI aufgezeichneten Werte der genannten Messungen sind in der Figur 1 in ein Koordinatensystem eingezeichnet und zeigen einen sehr regelmäßigen Verlauf der erhaltenen Kurven.

Von besonderer Wichtigkeit sind bekanntlich auch diejenigen Härteänderungen, welche ein und dieselbe Röhre bei verschiedener Belastung zeigt, auch wenn der Grad der Luftverdünnung in der Röhre sich kaum wesentlich geändert haben kann. Auf diesen Umstand hat gerade Ludewig in seiner Arbeit über „Das Verhalten der Röntgenröhre im praktischen Röntgenbetriebe" in der „Phys. Zeitschrift", Bd. XVI, Nr. 23 (93) hingewiesen. Auch Klingelfuß hat in den „Verhandlungen der Deutschen Röntgengesellschaft", Bd. V, Seite 62 und folgende seine Untersuchungen über diesen Umstand beschrieben. Klingelfuß hat diese Härteänderungen in der Weise untersucht, daß er bei verschiedenen die Röntgenröhre durchfließenden Stromstärken die Sekundärspannungen bei den jeweils ausgesandten Röntgenstrahlen be-

stimmte. Er erhielt hier eine Anzahl Kurven, welche er als Charakteristiken der Röntgenröhre bezeichnet und die sich als Härtecharakteristiken definieren lassen. Die Klingelfußschen Kurven zeigen, daß für eine weiche Röhre die Änderungen der Härte mit der Stromstärke mehr ins Gewicht fallen, als für eine harte Röhre. Auch ich habe die Abhängigkeit zwischen Belastung und Spannung mittels meiner Versuchsanordnung untersucht und bin zu gleichen Versuchsresultaten, wie Klingelfuß, gekommen und zwar erhielt ich ähnliche Kurven, wie sie Klingelfuß in seiner seinerzeitigen Arbeit beschrieben hat. Auch ich fand, daß die

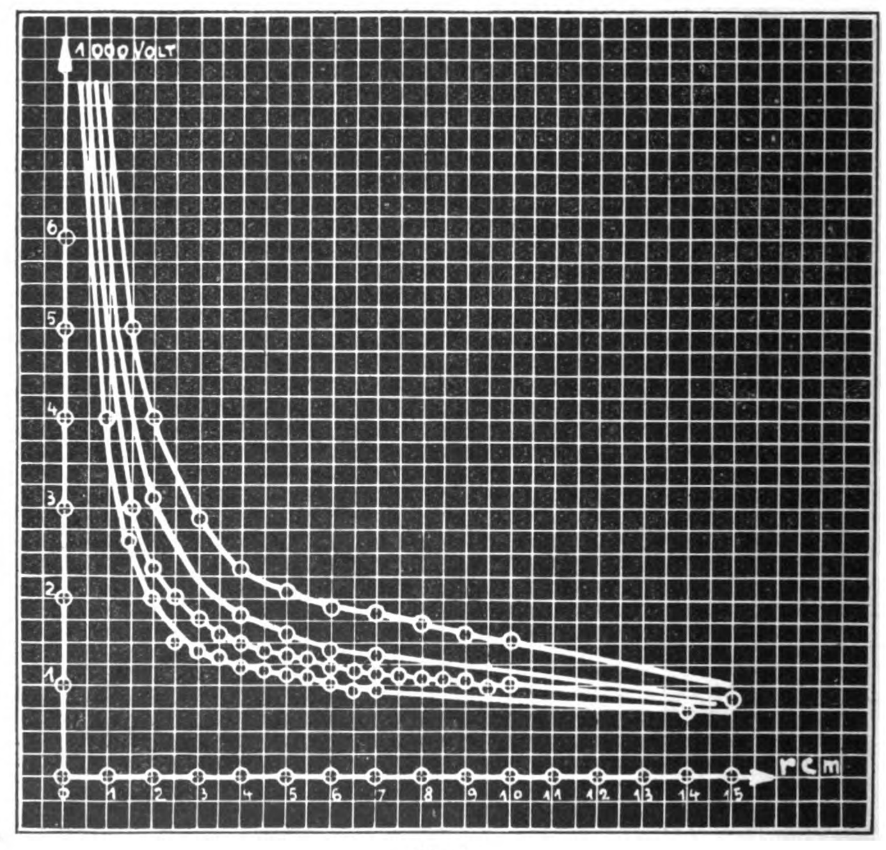


Fig. 1.

Kurven, je nach dem Härtegrad der Röhre, verschieden ansteigen. Die nachfolgende Tabelle VII gibt uns eine Anzahl solcher Härtecharakteristiken von Röntgenröhren wieder, wie sie mit der von mir beschriebenen Versuchsanordnung aufgenommen worden sind. Dabei ist jedoch zu bedenken, daß die Werte in der Tabelle bei verschiedenen Plattenentfernungen aufgenommen worden sind. Wollte man also Kurven erhalten, wie sie Klingelfuß erhielt, so muß man erst die Werte in der Tabelle VII an Hand der Kurven in Fig. 1 auf gleiche Plattenentfernungen transformieren.

Tabelle VII.

$r = 3$ cm		$r = 4$ cm		$r = 5$ cm		$r = 6$ cm		$r = 7$ cm		$r = 8$ cm		$r = 9$ cm	
i_s	V_0	i_s	V_0	i_s	V_0	i_s	V_0	i_s	V_0	i_s	V_0	i_s	V_0
0,8	1500	0,8	1200	0,6	1100	0,8	1000	0,8	800	0,8	700	0,8	600
1,2	2000	1,0	1600	1,2	1500	1,2	1200	1,2	1000	1,2	800	1,2	700
2,2	2600	1,9	2200	1,8	1900	2,0	1500	1,8	1400	1,8	1300	1,8	1100
3,0	3200	3,0	2600	2,6	2200	2,8	1800	2,6	1600	2,6	1500	2,5	1250
3,6	3400	3,4	2900	3,2	2400	3,2	2000	3,2	1900	2,9	1600	3,0	1400
4,0	3900	3,8	3100	3,8	2700	3,8	2400	3,8	2100	3,2	1800	3,2	1450

Die Werte der Tabelle VII sind in Fig. 2 in ein Koordinatensystem übertragen.

Wir haben bereits bemerkt, daß die Physik als Maß für die Härte einer Röntgenstrahlung neben der wohl zu definierenden Spannungsmessung auch den Begriff des Absorptionskoeffizienten eingeführt hat, das ist, wie erwähnt wurde, derjenige Prozentsatz der auf eine Körperschicht auftreffenden Strahlenenergie, der in dieser Schicht absorbiert wird. Gemessen wird dieser Prozentsatz, wie wir ebenfalls im folgenden bereits bemerkten, in Aluminium. Diese Messung in Aluminium ist berechtigt, denn Aluminium, welches ein Atomgewicht von 27 besitzt, würde

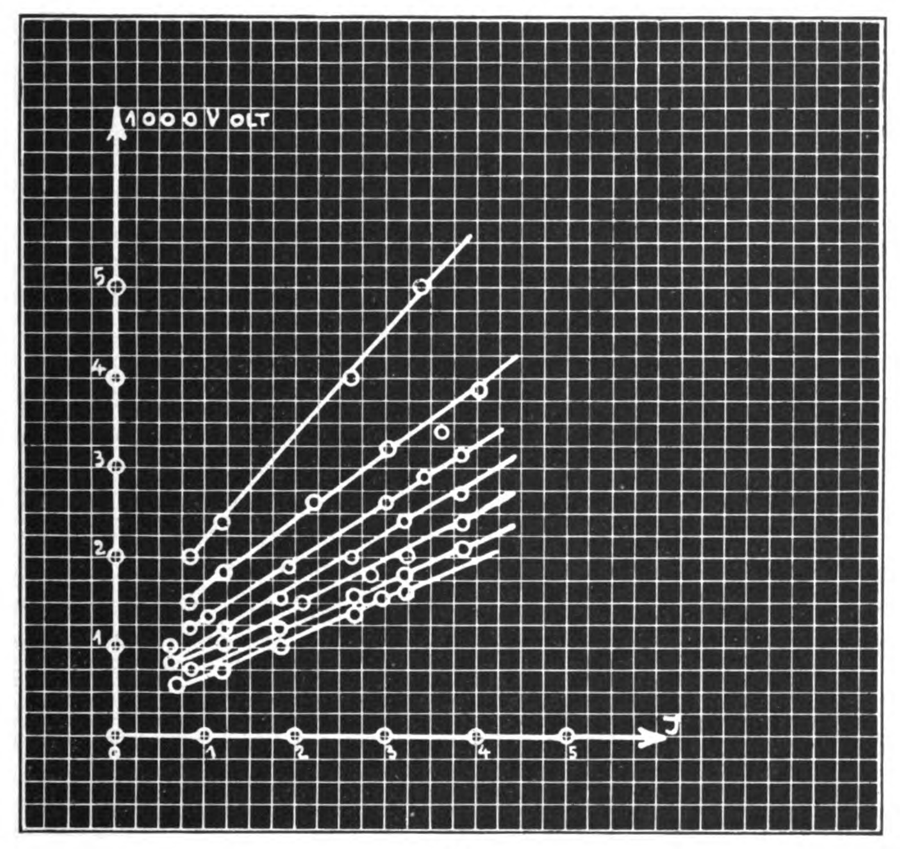


Fig. 2.

zur Erregung seiner Eigenstrahlung, wie wir bei der Erörterung des Sekundärstrahlenproblems sahen, eine Primärstrahlung notwendig haben, deren Absorptionskoeffizient k gleich wäre, 580 oder deren Halbwert in Werten von Aluminium gleich wäre 0,0044 mm. Es wäre also zur Erregung der Eigenstrahlung des Aluminiums eine Strahlung notwendig, wie sie im primären Röntgenstrahlenspektrum eines technischen Röntgenrohres gar nicht vorhanden ist oder wenn sie vorhanden ist, schon in der Glaswand der Röntgenröhre absorbiert wird. Was nun die in der Praxis gebräuchlichen Härtemesser anbelangt, so können wir uns auf die Benoist- und Wehneltskala, sowie auf die Erörterung der Halbwertschicht beschränken. Die Härteskalen von Benoist und Wehnelt vergleichen bekanntlich die Permeabilität einer Substanz variabler Dicke, wie z. B. die eines logarithmisch geschweiften Aluminiumkeiles oder einer nach einer geometrischen Reihe ansteigenden Aluminiumtreppe, mit der Permeabilität eines dünnen Silberbleches, welches in dem zu messenden Strahlenbereich ein Gebiet selektiver Absorption besitzt.

Alle auf diesem Prinzip aufgebauten Härtemesser sind nun, was bei all diesen Messungen zu bedenken ist, und was wir hier von vornherein bemerken wollen, nur bei stets unveränderten Betriebsbedingungen brauchbar. H. Krönke (83) macht in seiner Göttinger Dissertation über „Die Messung der Intensität und der Härte der Röntgenstrahlen", Göttingen 1913, ausdrück-

lich auf diesen Umstand aufmerksam. Die genannten Härtemesser geben eindeutige Werte, soweit eben bei Absorptionsmessungen von eindeutigen Werten überhaupt gesprochen werden darf, nur bei ein und derselben Betriebsart. Kommen mehrere Betriebsarten in Frage, so haben sie lediglich orientierenden Wert. Diese letztere Tatsache ist, wie ja leicht ohne weiteres zu erkennen ist, von außerordentlicher Wichtigkeit.

In dieser Tatsache liegt auch der Grund für die Unsicherheit unserer qualimetrischen Meßverfahren, die auf den beiden eben erwähnten Prinzipien direkt oder indirekt aufgebaut sind. Es läßt sich durch Versuche ohne Schwierigkeiten feststellen, daß hier Schwankungen der Angaben in ziemlich weiten Grenzen vorkommen können, wenn man die nach der Theorie als eindeutig anzusehenden Werte der Spannungsmessung als Normale annimmt.

Ich konnte z. B. in einer Reihe von Versuchen mehrmals die Beobachtung machen, daß photographisch festgelegte Härtegrade andere Werte ergaben, als wenn die Messung am Leuchtschirm vorgenommen wurde, selbst wenn die Messung von mehreren Personen gleichzeitig gemacht wurde und aus den Angaben dieser Personen wieder das arithmetische Mittel genommen wurde, so daß subjektive Ablesefehler möglichst eliminiert wurden. Dabei war es außerdem durchaus nicht gleichgültig, ob die Messung mittels eines Bariumplatinzyanürschirmes vorgenommen wurde oder mittels eines Astralschirmes, dessen fluoreszierende Schicht wolframsaures Kalzium enthielt. Zwischen diesen Werten und den photographisch festgelegten konnte ich je nach dem verwandten Leuchtschirm Härteunterschiede von 1—2 Wehnelt bei gleichen Betriebsbedingungen feststellen. Diese Beobachtungen finden bei genauerer Untersuchung wahrscheinlich auch ihre Ursache in der verschiedenen Eigenstrahlung der fluoreszierenden Substanzen. Diese Ursache ist also, wie auf Grund der Untersuchungen des Sekundärstrahlenproblems anzunehmen ist, in den unregelmäßigen Beziehungen der Absorptionskoeffizienten der Silbersalze und der Elemente des Bariumplatinzyanür und des wolframsaueren Kalziums zu suchen.

Gelegentlich von Spannungsmessungen an Röntgenröhren, bei welchen ich photographische Vergleichsversuche machte, konnte ich weiter feststellen, daß auch in den photographisch festgelegten Härtegraden sich merkwürdig große Differenzen ergeben können, je nach der zur Messung verwandten Platte und je nach der Zusammensetzung des Entwicklers, in welchem die Platte entwickelt wurde.

Diese Beobachtung veranlaßte mich, einige systematische Versuche in dieser Richtung anzustellen, die ich hier kurz beschreiben will. Die Versuchsanordnung war hierbei die gleiche, wie die eingangs für alle Versuche beschriebene. Die zu den Versuchen benutzte Wehneltskala war dabei besonderer Konstruktion. Auf beiden Seiten des treppenförmig ansteigenden Aluminiumkeiles waren Silberbleche angebracht; außerdem waren auf der Unterseite der Skala Bleidrähte gespannt, entsprechend den nach einer geometrischen Reihe ansteigenden Stufen des Aluminiumkeiles, so daß auch die Silberbleche in den Stufen der Treppe analogen Feldern auf der Platte sich abbildeten, wodurch die Ablesung der Werte auf der Platte bedeutend sicherer und leichter wurde.

Als Plattenmaterial wurden W. A. H.-Röntgenplatten der Firma Reiniger, Gebbert & Schall und Schleußner-Röntgenplatten verwandt. Eine Plattenreihe wurde dann in Metol-Hydrochinon-Entwickler, eine andere Plattenreihe in Glycin-Entwickler entwickelt. Die Entwicklerzusammensetzung war dabei folgende:

1. Glyzin-Entwickler.

1000 g Wasser,
65 g Natriumsulfit,
25 g Glyzin,
125 g Pottasche.

Zum Gebrauch wurden 1 Teil der vorstehenden Entwicklerzusammensetzung mit 2 Teilen Wasser gemischt und auf 18° Celsius gebracht.

2. Metol-Hydrochinon-Entwickler.

Lösung A: 1000 g Wasser,
15 g Metol,
150 g Natriumsulfit;

Lösung B: 1000 g Wasser,
12 g Hydrochinon,
150 g Natriumsulfit;

Lösung C: 1000 g Wasser,
150 g Pottasche,
1 g Bromkali.

Zum Gebrauch des Entwicklers wurde 1 Teil der Lösung A, 1 Teil der Lösung B, 2 Teile der Lösung C mit 4 Teilen Wasser vermengt und die Lösung ebenfalls auf 18° Celsius gebracht.

Bei der im nachfolgenden aufgezeichneten Versuchsreihe konnte die am Hochspannungsvoltmeter jeweils abgelesene Spannung während einer Teilreihe konstant gehalten werden. In der Tabelle VIII, welche uns einen Überblick über die Folge der Versuche gibt, bedeutet V_o die am Hochspannungsvoltmeter abgelesene und der Röntgenspannung proportionale Spannung. Die Expositionszeit war bei all diesen Versuchen 7 Sekunden und wurde genau mit der Stoppuhr gemessen. Ebenso wurde bei der ganzen Dauer der Versuche der Röhrenstrom auf konstant 2 M.A. gehalten; er ist in der Tabelle mit J bezeichnet. Aus der Tabelle ist ferner die übrige Kombination der Versuche zu entnehmen.

Tabelle VIII.

Nr.	V_o	J	Plattensorte	Entwickler	t	Induktor	Röhre
1	3000	2	W. A. H.	Methol	7	35 cm	Wasser-kühlröhre
2	3000	2	Schleußner	„	7	35 cm	
3	3000	2	W. A. H.	Glyzin	7	35 cm	
4	3000	2	Schleußner	„	7	35 cm	
5	1800	2	W. A. H.	Methol	7	35 cm	
6	1800	2	Schleußner	„	7	35 cm	
7	1800	2	W. A. H.	Glyzin	7	35 cm	Effektröhre
8	1800	2	Schleußner	„	7	35 cm	
9	1800	2	W. A. H.	Methol	7	50 cm	
10	1800	2	Schleußner	„	7	50 cm	
11	1800	2	W. A. H.	Glyzin	7	50 cm	
12	1800	2	Schleußner	„	7	50 cm	

Die Platten wurden nunmehr unter strengster Einhaltung der Entwicklungsvorschriften entwickelt. Nach dem Trocknen wurden die Platten von mehreren Personen abgelesen. Die Ablesung der Platten geschah unter Benutzung einer gleichmäßigen Lichtquelle und mit Hilfe eines Papierfensters, welches nur so groß war, daß immer nur 2 Felder einander gegenüber betrachtet werden konnten. Aus den von den einzelnen Personen abgelesenen Werten, die übrigens ziemlich genau übereinstimmten, wurde dann das arithmetische Mittel genommen.

Es muß dabei nochmals darauf hingewiesen werden, daß sowohl die Röhrenspannung als auch der Röhrenstrom völlig konstant gehalten werden konnten während der einzelnen je 4 Versuche umfassenden Versuchsreihen, die in der Tabelle VIII aufgeführt sind. Es zeigen sich aus den Versuchen ziemlich große Differenzen je nach dem zur Verwendung gekommenen Plattenmaterial und je nach der Entwicklerzusammensetzung und es wurden damit die früheren Beobachtungen vollauf bestätigt.

Die Tabelle IX enthält nunmehr die aus den Versuchen erhaltenen Werte. Es bedeuten in der Tabelle wiederum V_0 die Röhrenspannung, J den Röhrenstrom.

Tabelle IX.

Nr.	V_0	J	Plattensorte	Entwickler	Härtegrad
1	3000	2	W. A. H.	Methol	10–11
2	3000	2	Schleußner	„	11
3	3000	2	W. A. H.	Glyzin	9–10
4	3000	2	Schleußner	„	10
5	1800	2	W. A. H.	Methol	8
6	1800	2	Schleußner	„	9–10
7	1800	2	W. A. H.	Glyzin	8–9
8	1800	2	Schleußner	„	9
9	1800	2	W. A. H.	Methol	8
10	1800	2	Schleußner	„	9
11	1800	2	W. A. H.	Glyzin	8–9
12	1800	2	Schleußner	„	9

Aus der Betrachtung der Versuchsresultate ergibt sich, daß die Werte der Wehneltskala niedriger sind, wenn die Skala auf W. A. H.-Platten aufgenommen wurde, andererseits höhere, bei Verwendung von Schleußnerplatten. Auch die Entwicklerzusammensetzung spielt eine Rolle, jedoch scheint sie erst bedeutend zu werden im Zusammenhang mit der Art der Platten.

Die von Wertheim-Salomonson in seiner Arbeit in der „Physikalischen Zeitschrift“ gemachten Einwendungen dürften kaum zu Recht bestehen, worauf ich im folgenden noch näher zurückkommen werde. Es ist bei der Entgegnung von Wertheim-Salomonson das auffällig, daß er am Schlusse seiner Arbeit bemerkte: „er hätte keinen Grund, auch die Entwicklerzusammensetzung zu ändern“. Neuere Untersuchungen von mir in dieser Richtung zeigen ganz eigentümliche Erscheinungen der Absorption in Silbersalzen. Ich werde gesondert darauf zurückkommen.

Christen hat nun in die Technik der Messung der Qualität der Strahlen den neuen Begriff des Halbwertes gebracht und auf Grund dieses von ihm definierten Begriffes auch eine Methode zur Härtemessung gegeben.

Als Halbwert bezeichnet Christen bekanntlich diejenige Schicht destillierten Wassers, welche gerade die Hälfte der auffallenden Strahlen absorbiert. Diese Größe H ist leicht zu messen und steht, wie wir bereits bemerkten, im bestimmten Zusammenhang mit dem Absorptionskoeffizienten k. Wir haben vorhin für den Absorptionsverlust dJ_0 eine Formel aufgestellt, welche lautet:

$$dJ_0 = k \cdot J_0 \cdot dx. \tag{31}$$

Wollen wir nun den Zusammenhang der Größe H mit dem Absorptionskoeffizienten k feststellen, so müssen wir diese Gleichung von den kleinen Werten dx auf größere Werte von x integrieren.

Wir erhalten dann

$$J_x = J_0 \cdot e^{-k \cdot x}. \tag{32}$$

In dieser Gleichung bedeutet J_x die Strahlenintensität in x-cm Tiefe, wobei allerdings noch angenommen worden ist, daß der Abstand zwischen Antikathode und der betreffenden Gewebsschicht ein konstanter geblieben ist. Wollen wir nun J_x auffinden und wobei gelten soll

$$J_x = \tfrac{1}{2} J_0 \tag{33}$$

und wobei wir dann dieses x gleich H setzten, so gilt

$$J_x = J_0 \cdot e^{-k \cdot H}. \tag{34}$$

Daraus folgt

35) $$e^{k \cdot H} = 2.$$

Haben wir die Dosis zuerst festgestellt als

30) $$D = k \cdot J_o \cdot t,$$

so erhalten wir jetzt für die Dosis an der Oberfläche

36) $$D = 0{,}693 \cdot \frac{J_o}{H} \cdot t.$$

Für die Tiefendosis erhalten wir, da dort als wirksame Strahlung J_x in Betracht kommt

37) $$D_x = 0{,}693 \cdot \frac{J_x}{H} \cdot t.$$

J_x läßt sich rechnerisch ermitteln.

Christen hat den Begriff des Halbwertes eingeführt, um, wie er selbst sagt, eine physikalisch wohl definierte Meßeinheit zu schaffen und damit endlich einmal Ordnung zu bringen in die Willkürlichkeit der einzelnen Härteskalen.

Von vielen Seiten ist gegen die Christensche Halbwertschicht geltend gemacht worden, daß sie nur für homogene Strahlenbündel gelte, nicht aber für heterogene Strahlengemische.

In einer neueren Arbeit zeigt nun Christen (31), daß gerade auch für heterogene Strahlenbündel die Halbwertschicht ein wirkliches Maß darstelle; insbesondere läßt sich ein Faktor aufstellen, welcher sich als Quotient aus den beiden ersten Halbwertschichten darstellt und welcher eine einwandfreie Definition für die Heterogenität eines Strahlengemisches ergibt. Dieser Faktor h findet sich aus der Relation

38) $$h = \frac{a_2}{a_1}$$

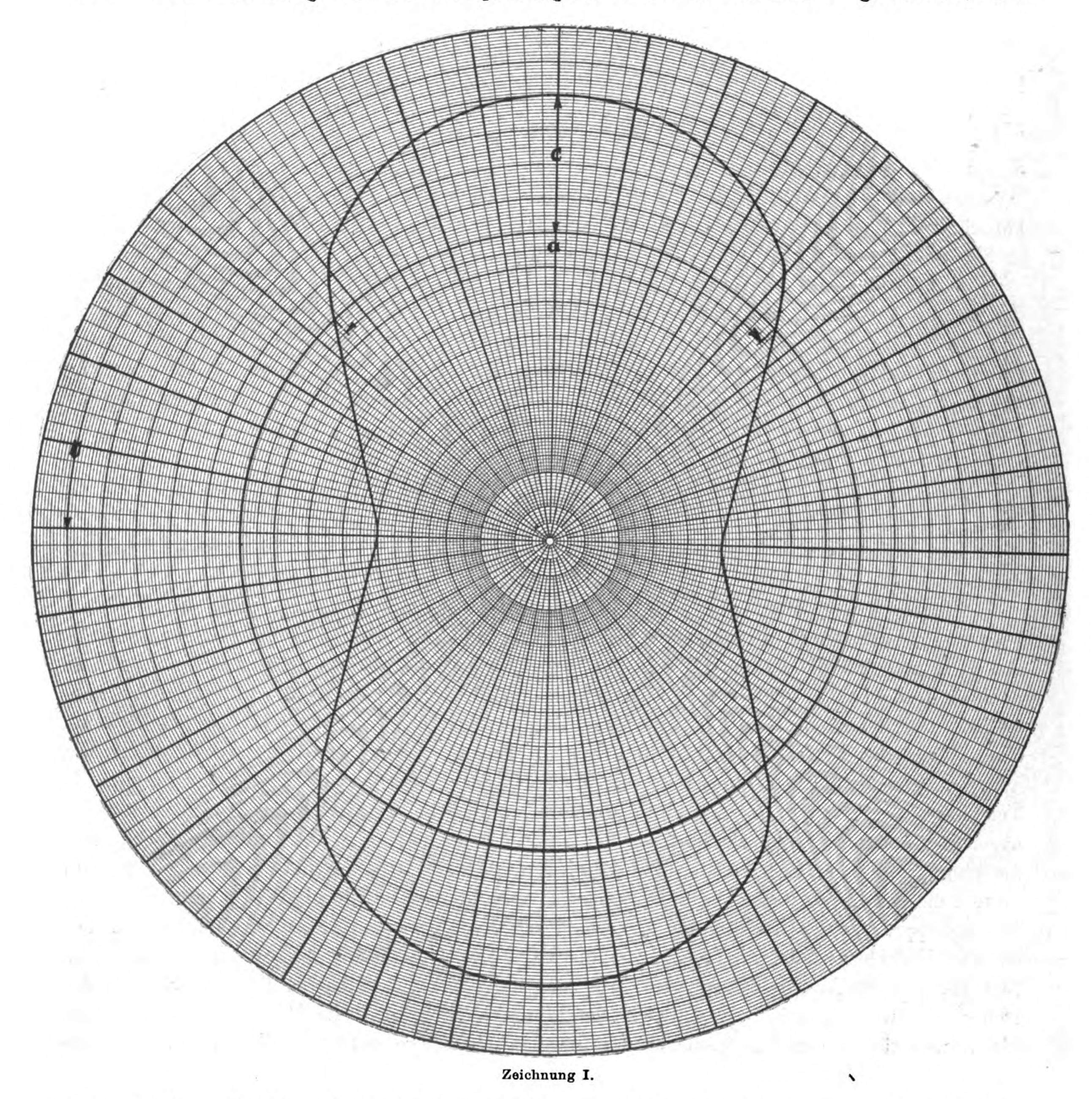
a_2 und a_1 stellen die beiden ersten Halbwertschichten dar. Für ein homogenes Strahlengemisch ist $h = 1$.

Fluorometrisch stellt man die Halbwertschicht dadurch fest, daß man über einem Fluoreszenzschirm ein siebförmig gelöchertes Blech anbringt aus strahlenundurchlässigem Material und zwar so, daß die Fläche aller Löcher gleich ist der Hälfte der Gesamtfläche. Auf den Schirmteil, der hinter diesem Sieb sich befindet, wird also nur die Hälfte aller Strahlen auftreffen. Parallel zu dem Sieb ist eine Bakelittreppe angeordnet und zwar läßt sich die Bakelittreppe über den Fluoreszenzschirm hinbewegen. Bakelit besitzt gleiche Durchlässigkeit wie Wasser. Man stellt dann auf gleiche Helligkeit beider Felder ein und der übereinstimmende Teil der Bakelittreppe ist diejenige Schichtdicke, welche gerade die Hälfte der Strahlen absorbiert und diese kann als Maß für die Strahlung dienen; es ist die Halbwertschicht. Für die photographische Härtemessung hat Christen ebenfalls eine Methode angegeben und es besteht dieser Christensche Halbwertmesser aus einer um eine kreisförmige Öffnung ansteigenden Bakelittreppe. In der Kreisöffnung rotiert, durch ein Uhrwerk angetrieben, ein Flügel aus starkem Zinkblech und zwar so, daß die unter der Kreisöffnung liegende Schicht nur die halbe Zeit von den Strahlen getroffen wird, wie die unter der Bakelittreppe liegende Schicht der Platte. Es wird dann auf der entwickelten Platte, ähnlich wie beim Benoist-Härtemesser der gleiche Schwärzungsgrad aufgesucht und die der Kreisfläche entsprechend geschwärzte Stufe der Bakelittreppe gibt die Halbwertschicht der Strahlung in cm Bakelit an. Die Skala der Bakelittreppe hat folgende Abstufungen, welche in der Tabelle X angegeben sind.

Tabelle X.

Treppenstufe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
cm Bakelit	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,25	2,5	2,8

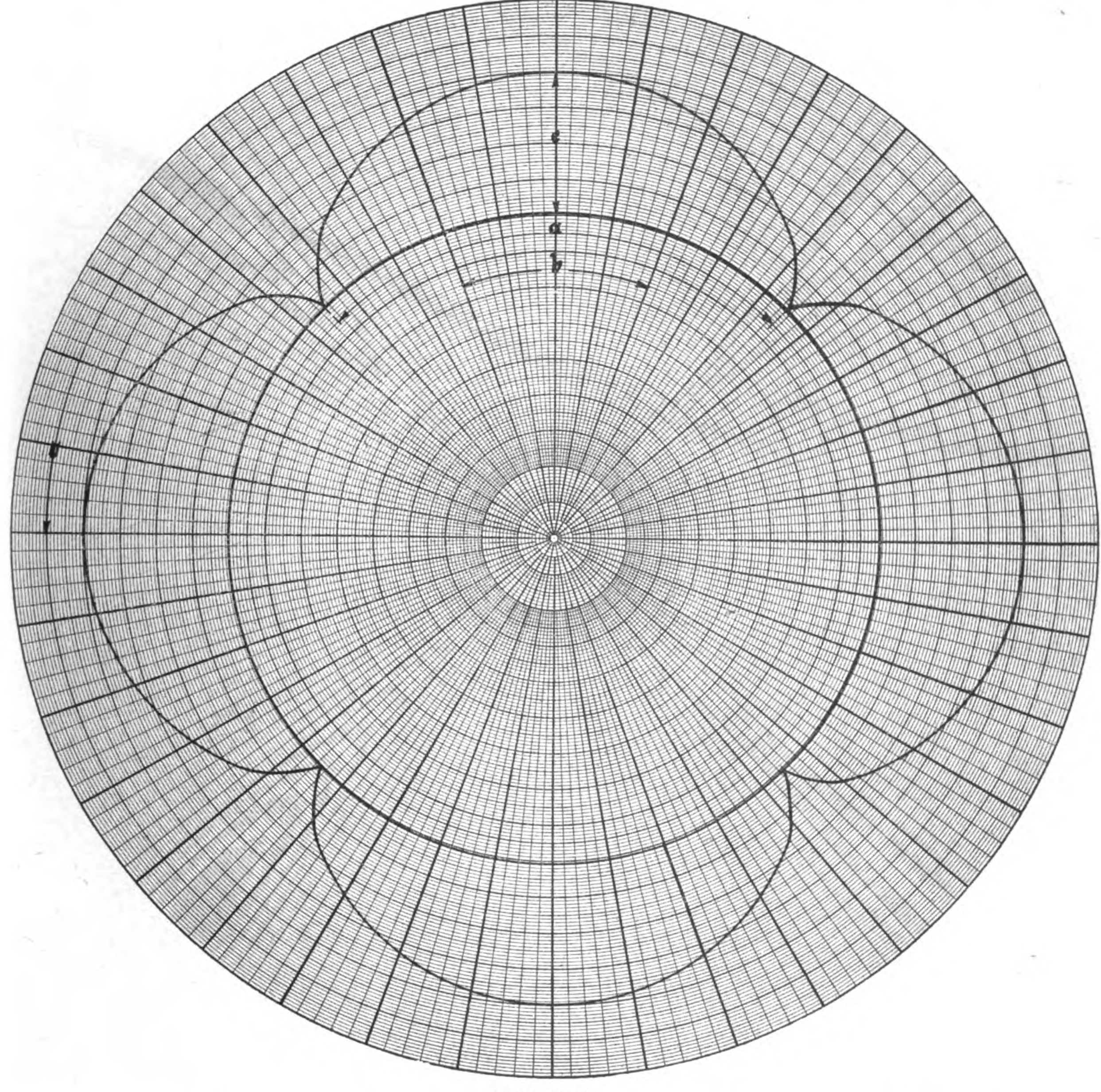
Wir haben eingangs ausführlich dargestellt, daß die Härte des Strahlengemisches einer Röntgenröhre hinreichend definiert ist durch die an der Röhre liegende und zur Wirkung kommende Spannung. Das Spektrum ist gegeben und ebenfalls hinreichend definiert durch die Spannungskurve an der Röhre. Wir haben ausgeführt, daß zwischen der Spannungskurve und der Form der Stromkurve bestimmte gesetzmäßige Beziehungen vorhanden sein dürften. Sobald der Zusammenhang zwischen der Spannungskurve und der Stromkurve geklärt ist, kann



Zeichnung I.

uns die Form der Stromkurve bestimmte Schlüsse auf die Zusammensetzung des Strahlengemisches zulassen. Wir haben auch aus den Abbildungen 2—8, welche, wie dort bemerkt, unter gleichen Betriebsbedingungen, die mittels der bekannten Methoden festgestellt worden waren, aufgenommen wurden, gesehen, daß selbst bei ein und derselben Betriebsart die Form der Entladung sich ganz verschieden darstellen kann; nun erst noch die unterschiedlichen Betriebsarten, welche Variationen sind hier möglich! Der Zusammenhang zwischen Strom- und

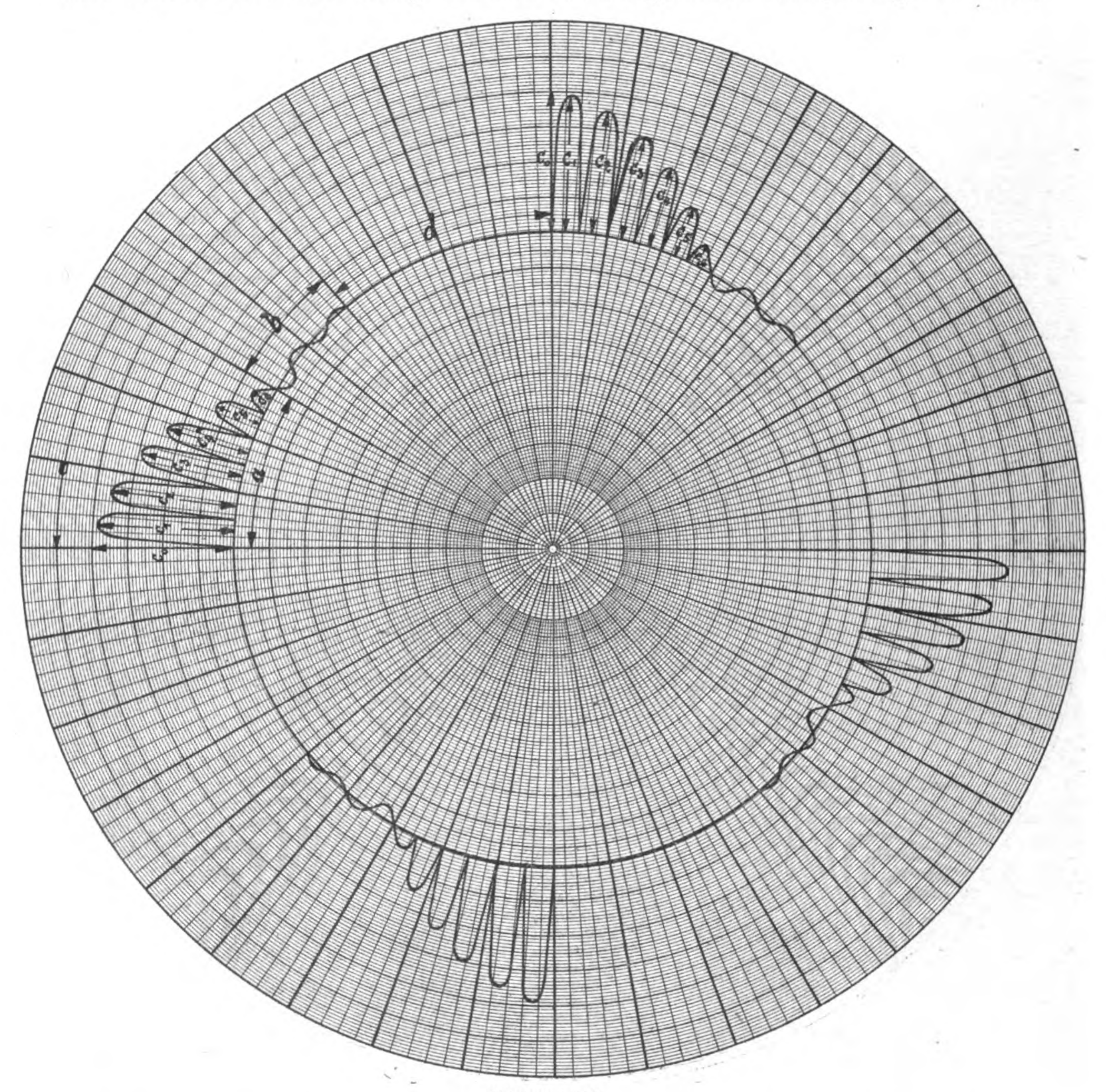
Spannungskurve läßt sich experimentell zwar nur sehr schwer bestimmen, denn, wenn man die Strom- und Spannungskurve mittels des Oszillographen gleichzeitig aufnehmen wollte, so müßte man einen Punkt des Hochspannungskreises erden. Da außerdem die zur Röntgenröhre parallel liegende Spannungsschleife des Oszillographen einen Stromverbrauch hat, der von der gleichen Größenordnung ist, wie der durch die Röntgenröhre fließende Strom, so ändert man aus zweierlei Gründen die vor Einschaltung des Oszillographen herrschende Betriebsart, so daß eine



Zeichnung II.

einwandfreie Messung des Stromes und der Spannung zu gleicher Zeit mittels des Oszillographen nicht möglich ist. In einer kürzlich erschienenen Arbeit von A. Wehnelt, „Annalen der Physik", Bd. 47, 1915, Seite 1112 und folgende zeigt derselbe, daß es ihm mit Hilfe der Braunschen Röhre gelungen ist, den Verlauf der Spannung an einer Röntgenröhre aufzunehmen. Wehnelt benutzt zum Betriebe seiner Röntgenröhre einen Hochspannungsgleichrichter, bei dem aber nicht maximale Teile der Spannungskurve herausgeschnitten und zum Betriebe der Röntgen-

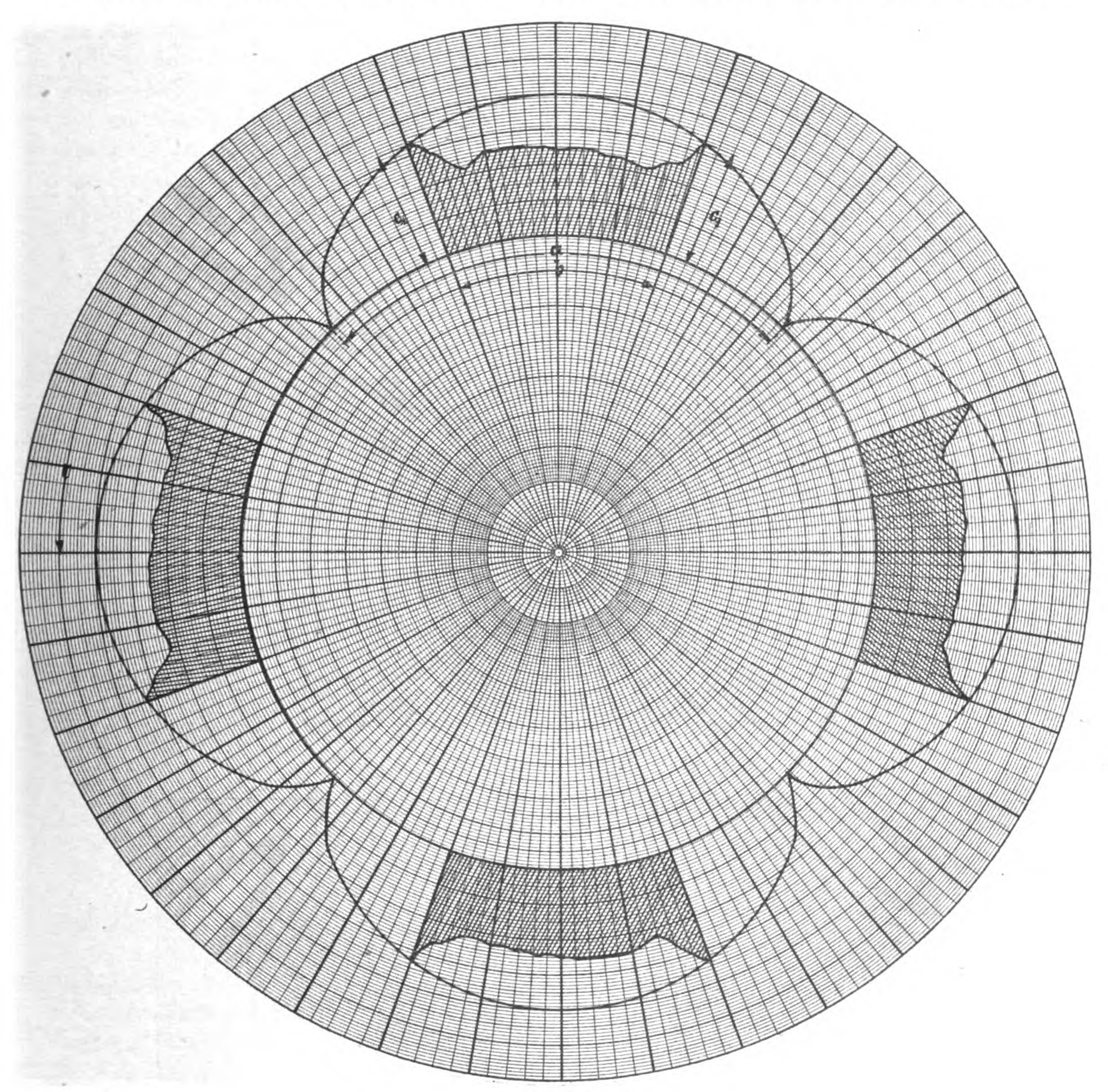
röhre verwendet wurden, sondern bei welchem die ganze sinusförmige Halbperiode an der Röntgenröhre lag. Auf Zeichnung V ist in Abbildung C das Resultat der Wehnelt-Arbeit aufgezeichnet und zwar ist in 3 die sinusförmige Halbperiode, wie sie normalerweise verläuft, skizziert, während in Abbildung 4 der Spannungsverlauf an der Röntgenröhre gezeichnet ist. Es zeigt sich, daß beim Betriebe mit sinusförmigen Halbperioden zuerst die Spannung auf einen ziemlich hohen Wert ansteigt und zwar zu der sogenannten Zündspannung, wie sie von



Zeichnung III.

Kröncke genannt wurde und dann zu einem tiefliegenden Teil abfällt, der dem stabilen Betrieb der Röntgenröhre entspricht. Die in Zeichnung V, C 3 u. 4 aufgezeichneten Kurven entsprechen der Figur 3 der Wehneltschen Arbeit. Wehnelt beobachtet dann weiter ein Wiederansteigen der Spannung gegen das Ende der Halbperiode. Ludewig erklärt dieses Wiederansteigen der Spannung dadurch, daß er annimmt, daß bei dem langsam ansteigenden Strom die Leitfähigkeit in der Röhre noch Zeit hat, wieder wenigstens bis zu einem gewissen

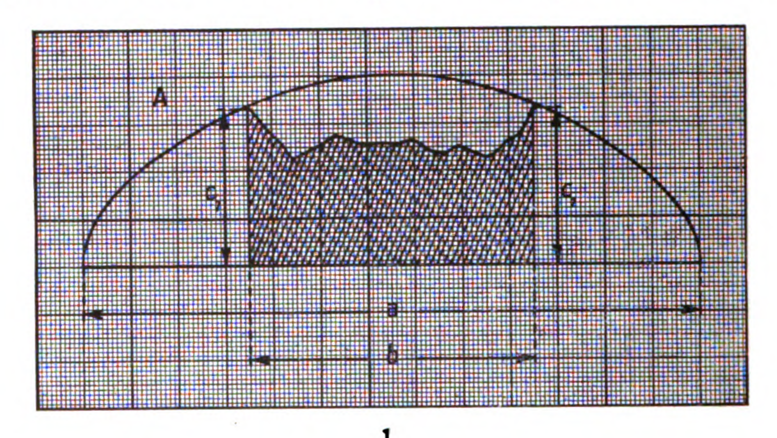
Grade abzunehmen. Das von Wehnelt erzielte Resultat und die von Ludewig hier angeknüpfte Definition ist für uns insofern besonders interessant, als man das gleiche Verhalten bereits an der Form der Stromkurve beobachten kann. In Zeichnung II ist schematisch aufgezeichnet, wie der gleichgerichtete, rein sinusförmige Wechselstrom und zwar die ganzen Halbperioden des Wechselstromes sich an dem Kurvenindikator zeigen. Es tritt hier allerdings infolge der radialen Entstehungsform der Kurven eine Verzerrung ein, die aber an und für



Zeichnung IV.

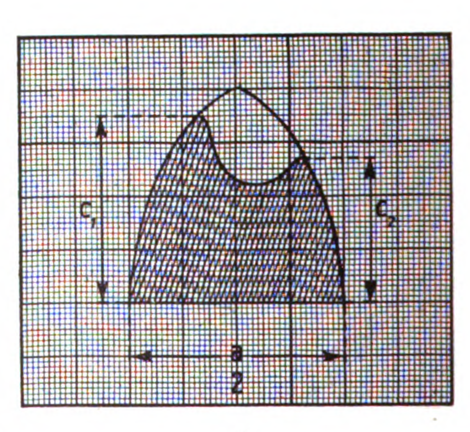
sich für das Studium der Kurve nicht störend ist. Es lassen sich die Werte, die hieraus abgenommen werden können, ohne weiteres von dem Polarkoordinatensystem auf ein rechtwinkeliges Koordinatensystem übertragen. Es bedeuten *a* die Basis der Halbperiode, *b* das aus der Halbperiode herausgeschnittene Stück der Kurve, *c* die Höhe des Stromwertes. In Zeichnung IV ist ebenfalls *a* die Basis der Halbperiode, *b* das aus der Halbperiode herausgeschnittene Stück der Kurve, c_1 zeigt die Stromwerte an. Der schwarz schraffierte Teil der Kurve ist

der Verlauf der Stromkurve. Die Zeichnung IV wurde genau gezeichnet nach einem Photogramm, welches mittels des Kurvenindikators an einem Hochspannungsgleichrichter bei Röntgenröhrenbetrieb gewonnen wurde. In Zeichnung V, Abbildung 1 ist das beobachtete Resultat



1

2



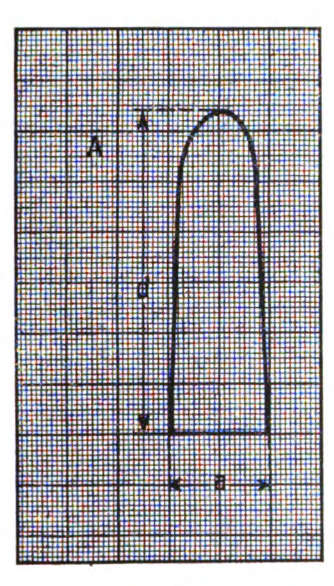
3 Zeichnung V. 4

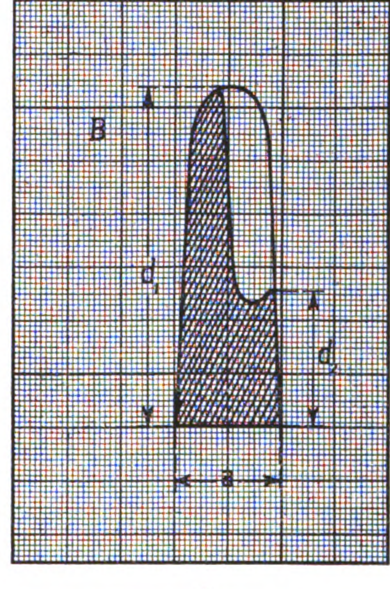
vom Polarkoordinatensystem in ein rechtwinkeliges Koordinatensystem übertragen worden und zwar im gleichen Maßstabe. *a* ist wieder die Basis der Halbperiode und *b* das herausgeschnittene Stück der Kurve. In Abbildung 2, Zeichnung V ist die Basis der Halbperiode verkleinert worden und der Umriß des schwarz schraffierten Teiles der Kurve zeigt bereits, daß

der Verlauf der Form der Stromkurve in diesem Falle ziemlich analog ist dem Verlauf der Spannungskurve, wie ihn A. Wehnelt in seiner erwähnten Arbeit festgestellt hat und wie er in Abbildung C der Zeichnung V schematisch aufgezeichnet ist.

Meine Versuche in dieser Richtung setzen sich augenblicklich noch fort; ich kann aber heute schon annehmen, daß ein ganz fester Zusammenhang der Form der Stromkurve mit der Form der Spannungskurve vorhanden ist.

Schematisch ist der Verlauf der Spannungskurve einer Einzelentladung eines Funkeninduktoriums in Zeichnung VI, Abbildung 1 aufgezeichnet. Schließt man in den Kreis des Induktoriums eine Röntgenröhre, so wird nach A. Wehnelt der Spannungsverlauf an der Röhre entsprechend der Abbildung 2 der Zeichnung VI sich darstellen. Es steigt zuerst die Spannung auf ein Zündpotential an. Die Spannung sinkt dann und steigt gegen das Ende der Kurve nochmals auf eine bestimmte Höhe. Die gleiche Beobachtung kann man ebenfalls an der Form der Stromkurve am Kurvenindikator machen. Es ergibt sich dann hier eine ähnliche Figur, wie die in der Zeichnung V aufgezeichnete.





1 Zeichnung VI. 2

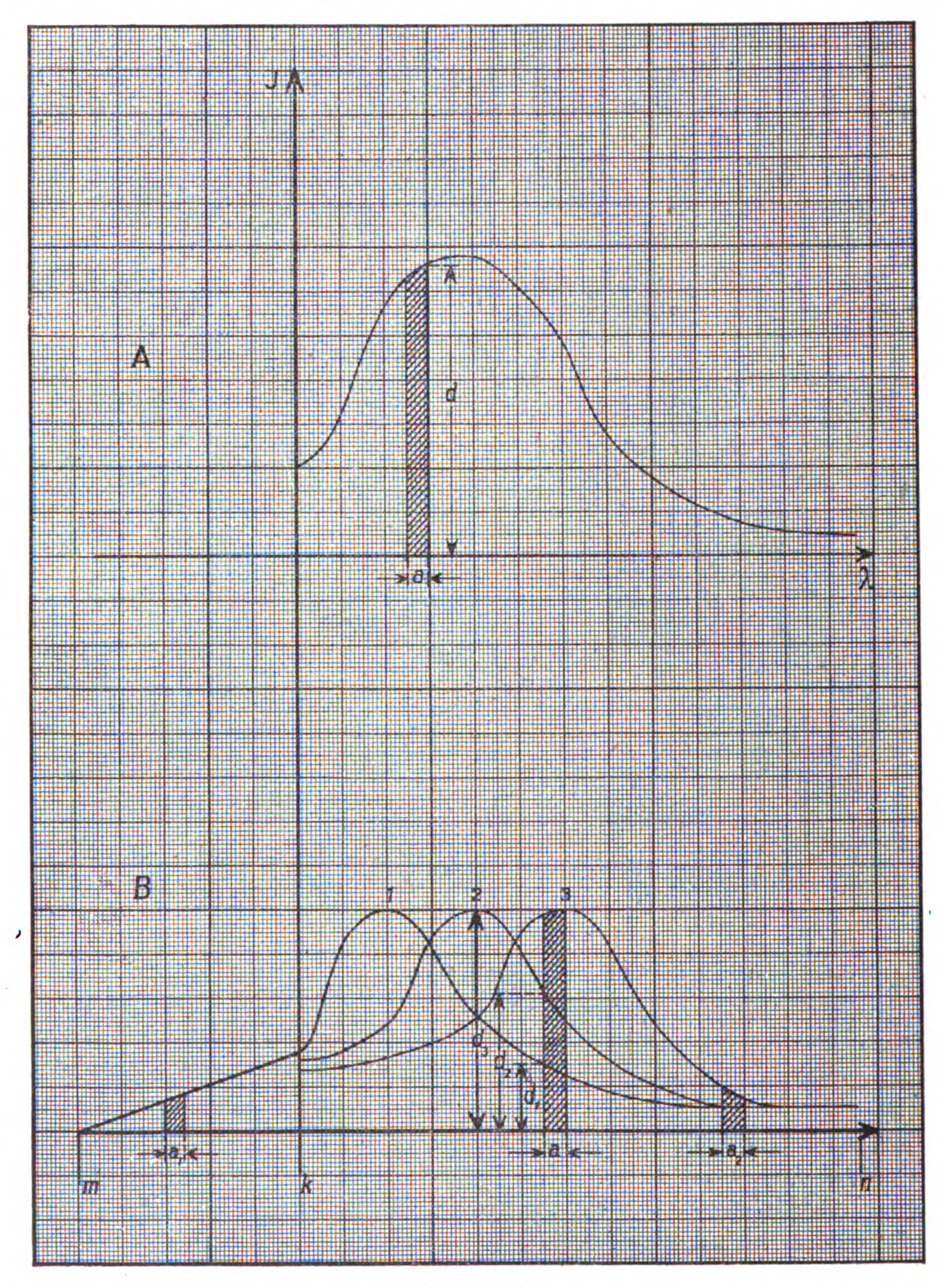
In Zeichnung I ist schematisch der Verlauf eines sinusförmigen Wechselstromes dargestellt bei einer vierpoligen Wechselstrommaschine und bei Synchronismus zwischen den beiden rotierenden Systemen.

Die Zeichnung III zeigt uns ebenfalls schematisch den Verlauf der Entladung eines Funkeninduktoriums. Der Verlauf der Kurven, die ständig niedriger werdenden Stromwerte c_1, c_2, c_3, c_4, c_5, c_6 sind analog dem Photogramm in Abbildung 2. *a* stellt die Basis der ganzen Entladung dar. Das System ist auch hier in Schwingungen ausklingend gedacht analog dem Photogramm in Abbildung 8. *b* stellt die Strecke dar, auf der die Schwingungen stattfinden, während *d* die Pause bis zur nächsten Entladung angibt. Der Pfeil bedeutet die Drehrichtung.

Auch Wehnelt stellte fest, daß während jeder einzelnen Schwingung mehrere kurz abgerissene Partialentladungen durch die Röhre gingen, so wie wir es durch unsere Photogramme in den Abbildungen 2, 4, 5, 6 feststellten.

Nimmt man im Zusammenhang mit der Betrachtung der Entladungskurve noch die jeweilige Spannung auf, welche in der beschriebenen Weise am Hochspannungsvoltmeter mit vorgeschalteten Luftkondensatoren abgelesen werden kann und welche, wie erwähnt, eine der Röhrenspannung proportionale Spannung ergibt, so hat man ein relatives Maß für die Strahlenhärte im Hinblick auf die im Kapitel III eingehend definierten Beziehungen zwischen der

Röhrenspannung und der Wellenlänge eines Röntgenstrahles. Zugleich gibt uns die Beobachtung der Entladungsform einen Überblick über die Zusammensetzung des Strahlengemisches. Daß in der Praxis das Bedürfnis nach einer Meßmethode besteht, welche auch Schlüsse auf die Zusammensetzung des Strahlengemisches zuläßt, geht deutlich aus einer neueren Arbeit von



Zeichnung VII.

Kienböck in den „Fortschritten auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen", Band XXII, Heft 6 (65) hervor, in welcher Kienböck feststellt, daß alle Methoden der Härtemessung infolge des aus den verschiedensten Komponenten zusammengesetzten Röntgenstrahlengemisches nur unzulänglichen Aufschluß geben.

Kienböck gibt dann allerdings im Anschluß an die von ihm gemachte Feststellung ebenfalls eine Methode der Härtemessung an, die mit seinem Quantimeter vorgenommen wird.

Es stellt damit die neue von Kienböck angegebene Methode wieder ein photographisches Verfahren dar, das auf der chemischen Veränderung der Silbersalze unter dem Einfluß des Röntgenlichtes beruht.

Nun ist eines dabei zu bedenken, nämlich, wie erwähnt, daß Silber eine starke selektive Absorption besitzt, so daß ein und derselben Absorption im Silber ganz verschiedene Strahlungskomponenten entsprechen können und daß infolgedessen bei jeder photographischen Härtemessung große Fehlerquellen sich einstellen. Silber hat, wie wir sahen, ein Atomgewicht von 107,10 und der Absorptionskoeffizient der Primärstrahlung, die zur Erregung der sekundären Eigenstrahlung des Silbers notwendig ist, ist 2,5 in der Reihe K, was einem Halbwert von 1,035 mm Aluminium entspricht. Wir haben es hier mit einer Strahlung zu tun, die im primären Röntgenstrahlenspektrum vorhanden ist und je nach der Lage des Intensitätsmaximums im Spektrum in mehr oder weniger großen Mengen auftritt.

Das Gesetz der selektiven Absorption ist natürlich auch gültig für die Salze des Silbers, denn wir haben gelegentlich der Erörterung des Sekundärstrahlenproblems ja festgestellt, daß die Natur der Sekundärstrahlung einer chemischen Verbindung durch die Natur der in dieser Bindung enthaltenen Elemente bestimmt ist, nicht aber durch die chemische Bindung als solche.

Die Schwärzung einer photographischen Schicht, also die chemische Veränderung der Silbersalze, ist eine Folge der in der Schicht zur Absorption gelangten Strahlung und zwar ist die chemische Veränderung der Silbersalze wieder, wie allgemein jede Veränderung einer chemischen Verbindung, auf eine Dissoziation ihrer Molekeln zurückzuführen, wobei die Ursache die sekundäre Elektronenbildung ist. Je größer die Menge der entstandenen Elektronen ist, umso größer auch die Dissoziation der Molekeln und damit umso größer die chemische Veränderung der Silbersalze, also die Schwärzung der Schicht. Die Menge der gebildeten Elektronen ist jedoch, wie wir ebenfalls bei der Behandlung des Sekundärstrahlenproblems feststellten, wieder umso höher, je größer die Intensität der Primärstrahlung ist. Die Menge der sekundär gebildeten Elektronen ist eine Funktion der Primärstrahlenintensität (Relation 16). Andererseits erreicht aber die Menge der losgelösten Elektronen dann ein Maximum, wenn die Härte der Primärstrahlung von dem Wert, der zur Erzeugung der sekundären Röntgenstrahlung noch nicht ausreicht, bis zu dem ansteigt, der zur Erzeugung dieser Strahlung gerade genügt.

Diese Bedingung ist für das primäre Röntgenstrahlenspektrum in den uns unterlaufenden Fällen sehr häufig gegeben.

Wir haben damit ein Maximum der Schwärzung der photographischen Schicht in diesem Fall zu erwarten. In Zeichnung VII ist schematisch dargestellt, in welcher Weise die photographische Wirkung abhängig sein kann von der selektiven Absorption der Strahlen. In Abbildung A der Zeichnung VII sind auf der Abzisse des Koordinatensystems die Wellenlängen der Strahlen aufgetragen gedacht. Auf der Ordinate sind die Intensitäten eingetragen. Die aufgezeichnete Kurve ergibt dann die Energieverteilung im Spektrum und die Lage des Intensitätsmaximums. Die Strecke a auf der Abzisse bedeutet dasjenige Wellenlängengebiet, welches der Wellenlänge der Eigenstrahlung des Silbers analog ist. Es wird dann aus dem Spektrum der Strahlen ein Gebiet absorbiert, welches der Fläche $a \cdot d_1$ entspricht. In Abbildung B sind nun verschiedene Energiekurven aufgetragen und zwar verschiebt sich das Intensitätsmaximum dieser einzelnen Kurven mit steigenden Härtegraden nach dem kurzwelligen Gebiet zu. a ist wiederum das Gebiet der Wellenlänge der Eigenstrahlung des Silbers. Verläuft die Energiekurve des Spektrums entsprechend der Kurve 1, so bedeutet $a \cdot d_1$ die Energie, welche infolge der selektiven Absorption des Silbers absorbiert wird. Verschiebt sich nun mit steigenden Härtegraden das Intensitätsmaximum nach dem kurzwelligen Gebiet zu und fällt die Kurve anlog der Kurve 2, so deutet die Fläche $a \cdot d_2$ das Energiegebiet an, welches aus dem Spektrum selektiv absorbiert wird. Verschiebt sich das Intensitätsmaximum weiter nach dem kurzwelligen Gebiet und verläuft die Energiekurve nunmehr analog der Kurve 3, so deutet die Energiefläche der selektiven Absorption die Fläche $a \cdot d_3$ an. Bei weiterem Ver-

schieben nach dem kurzwelligen Gebiet zu, würde die Energiefläche im Gebiete der selektiven Absorption sich wieder-verkleinern. Wir haben also beim Verlauf der Kurve 3 das Maximum der selektiven Absorption. In diesen Fällen haben wir ein Maximum der Schwärzung der photographischen Platte bzw. des Reagenzstreifens zu erwarten. Die Strecke a_1 Figur B der Zeichnung VII stellt das Wellenlängengebiet der Eigenstrahlung und damit die dazugehörige Fläche das Gebiet der selektiven Absorption des Aluminiums dar. Hier würden beim Verlauf der Kurven 1, 2 und 3 nur kleinere Unterschiede in der Größe der Energiefläche zu beobachten sein. a_2 stellt das Gebiet der selektiven Absorption des Goldes dar. Solange die Kurven, entsprechend den Kurven 1, 2 und 3 verlaufen, ist der Unterschied in der Größe der Energiefläche gering. Erst wenn sich das Intensitätsmaximum weiter nach den kürzeren Wellenlängen zu verschieben würde, würde sich die Energiefläche vergrößern.

Da also der Grad der Schwärzung der Platte oder des Reagenzstreifens durch die selektive Absorption des Silbers bestimmt wird und von der Intensität bzw. der Lage des Intensitätsmaximums im Spektrum abhängig ist, so kann aus all den bereits genannten Gründen eine Methode, die sich auf die photographische Feststellung der Härte aufbaut, keine wirklichen Schlüsse auf die Härte zulassen. Sie kann vielmehr immer nur orientierenden Wert haben, denn wir haben es mit unter Umständen ganz verschiedenen Betriebsbedingungen und damit ganz verschiedener spektraler Verteilung zu tun. Wir haben auf diesen Umstand bereits ausführlich hingewiesen und wir haben auch gezeigt, daß photographisch festgelegte Härtegrade sehr verschiedene Werte ergeben können und zwar ist ein Unterschied vorhanden, wie wir bereits bemerkten, wenn man die Messung am Leuchtschirm vornimmt, gegenüber der photographischen Messung.

Friedrich und Koch (45) finden in ihrer Arbeit über „Methoden zur photographischen Spektralphotometrie der Röntgenstrahlen", Annalen der Physik, Band 45, 1914, daß, sofern es sich um die Beziehungen zwischen Schwärzungsgrad und Intensität handelt, nach Abzug der Schleierschwärzung die Abhängigkeit der Schwärzung von der Intensität eine nahezu geradlinige ist. Dies gilt jedoch nur solange, als man nicht in das Gebiet der selektiven Absorption des Silbers kommt.

Um den Zusammenhang zwischen den photographisch gemessenen Werten, der auf dem bekannten Prinzipe aufgebauten Härtemesser einerseits und der Spannungsmessung andererseits bei bestimmten Betriebsbedingungen festzulegen und damit wieder die Beziehungen zu den photographisch gemessenen Halbwertschichten und den Absorptionskoeffizienten zu bestimmen, habe ich eine Reihe von Versuchen angestellt, die im folgenden näher beschrieben sind und aus denen sich wiederum deutlich ergibt, wie unregelmäßig die Beziehungen der Angaben der einzelnen Härtemesser sein können.

Bei den Versuchen wurden eine Wehneltskala, eine Benoistskala und der bereits beschriebene von Christen angegebene photographische Härtemesser auf eine Platte aufgebracht und gleichzeitig exponiert.

Die Tabelle XI gibt uns die erste Versuchsreihe an. Die einzelnen Versuchsdaten lassen sich ohne weiteres aus der Tabelle ersehen.

Tabelle XI.

Plattennummer	Röhrentype	V_e	i_e
1	Wasserkühlröhre	2000	1 M.A.
2	Wasserkühlröhre	2450	2 M.A.
3	Wasserkühlröhre	3000	3 M.A.
4	Effektröhre	1000	1 M.A.
5	Effektröhre	1400	2 M.A.
6	Effektröhre	1800	3 M.A.

In dieser Tabelle bedeutet V_0 wieder die am Hochspannungsvoltmeter abgelesene und der Röhrenspannung proportionale Spannung, i_0 bedeutet den am Milliampèremeter abgelesenen Röhrenstrom.

Die beiden Röhrentypen in den Versuchsreihen der Tabelle XI wurden mit dem bereits erwähnten Induktor von 35 cm Schlagweite betrieben. In der Versuchsreihe in Tabelle XII wurden die beiden Röhren mit dem ebenfalls erwähnten Induktor von 50 cm Schlagweite betrieben. Die sonstigen Betriebsbedingungen blieben unverändert. Es bedeutet auch hier wiederum V_0 die der Röhrenspannung analoge Spannung und i_0 den Röhrenstrom.

Tabelle XII.

Plattennummer	Röhrentype	V_0	i_0
7	Wasserkühlröhre	2000	1 M.A.
8	Wasserkühlröhre	2300	2 M.A.
9	Wasserkühlröhre	2600	3 M.A.
10	Effektröhre	1400	1 M.A.
11	Effektröhre	1600	2 M.A.
12	Effektröhre	1800	3 M.A.

Die aus der Tabelle XI erhaltenen Werte sind aus der nachfolgenden Tabelle XIII zu entnehmen.

Tabelle XIII.

Platten-nummer	V_0	i_0	Wehnelt (W)	Benoist (B)	Halbwert in cm (a)
1	2000	1 M.A.	9—10	5	1,0
2	2450	2 M.A.	11	(5)—6	1,2—1,3
3	3000	3 M.A.	11	6	1,4
4	1000	1 M.A.	7	3	0,6
5	1400	2 M.A.	8	4—5	0,7
6	1800	3 M.A.	(9)—10	5	0,8

Die aus der Tabelle XII erhaltenen Werte sind in der Tabelle XIV aufgezeichnet.

Tabelle XIV.

Platten-nummer	V_0	i_0	Wehnelt (W)	Benoist (B)	Halbwert in cm (a)
7	2000	1 M.A.	(9)—10	4,5	1,0
8	2300	2 M.A.	11	6	1,2
9	2600	3 M.A.	10	6	1,4
10	1400	1 M.A.	6—(7)	4	0,6
11	1600	2 M.A.	8—9	4	0,7
12	1800	3 M.A.	9	5	0,8

Trägt man nun den Röhrenstrom als eine Funktion auf die Abzisse eines rechtwinkligen Koordinatensystem ab und die jeweiligen Werte der Angaben des Hochspannungsvoltmeters als andere Funktion auf der Ordinate, so ergeben sich die Kurven in Figur 3 und 4.

Aus den Kurven der Figuren 3a u. 3b ist ersichtlich, daß die Beziehungen zwischen der **Wehnelt**- und der **Benoistskala** in einem Fall zwar regelmäßig zu sein scheinen, im anderen Falle jedoch unregelmäßig sind; in beiden Fällen sind die Beziehungen zu der Spannungs-

messung völlig ungleichmäßig. Noch deutlicher zeigt uns die Figur 3b, welche Unregelmäßigkeiten auftreten können. Auch hier findet sich keinerlei Relation der Kurven untereinander und noch weniger eine Relation zu den Spannungswerten.

Anders ist dies jedoch zwischen den Werten der Spannungsmessung und den korrespondierenden Werten der Halbwertschicht. Hier scheinen die Beziehungen regelmäßig zu sein, und zwar zeigt es sich aus den Kurven, daß die Werte, die aus der Spannungsmessung gewonnen sind, innerhalb dieses Spektralbezirkes zu den Werten der Halbwertschicht in Proportionalität stehen. Die Werte der Halbwertschicht sind natürlich, was hier zu berichten ist, keine absoluten, sondern lediglich relative im Hinblick auf das Resultat der bereits erwähnten Arbeit in Heft 15, Jahrgang 1915 der „Physikalischen Zeitschrift“, wonach die W. A. H.-Platten die Werte stets niedriger festlegen, als die Schleußnerplatten. Um nun hier keine Fehlerquellen aufkommen zu lassen, habe ich die gleichen Versuche, d. h. die Versuche die Beziehungen zwischen Halbwertschicht und Spannungsmessung festzulegen, nochmals wiederholt, und zwar unter Verwendung von Schleußnerplatten. Auch hier ergibt sich eine Proportionalität zwischen den photographisch festgelegten Halbwertschichten und der Röhrenspannung, innerhalb des hier zur Anwendung gekommenen Spektralbezirkes.

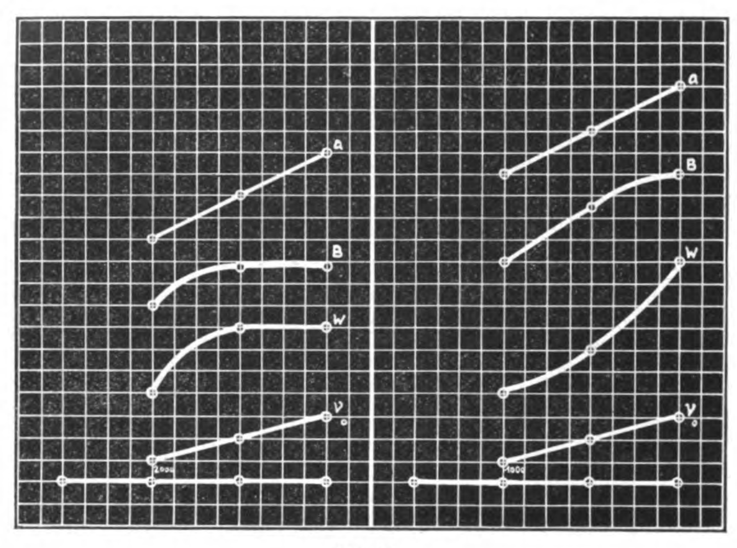


Fig. 3a.

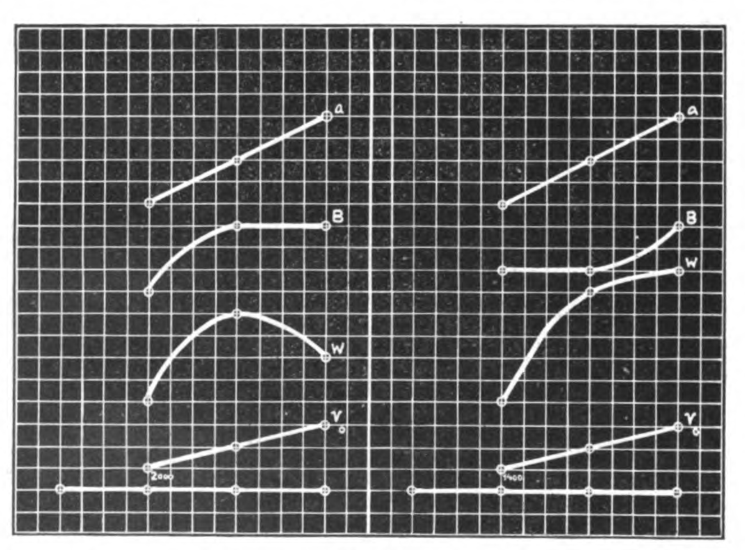


Fig. 3b.

Die Proportionalität zwischen der Halbwertschicht und der Spannungsmessung dürfte jedoch nur vollkommen bestehen bei iontometrischer Messung des Halbwertes, denn sobald man den Spektralbezirk erreicht hat, bei dem sich die selektive Absorption des Silbers stark bemerkbar macht, dürfte diese hier gefundene Proportionalität nicht mehr zu Recht bestehen. Da wir bereits klargelegt haben, daß zwischen Halbwert und Absorptionskoeffizient eine bestimmte Beziehung besteht, welche sich aus der Gleichung

$$k = \frac{0{,}693}{H} \text{ ergibt,} \tag{14}$$

so gilt auch die Proportionalität des Absorptionskoeffizienten und der Röhrenspannung, was für weitere Betrachtungen von außerordentlicher Wichtigkeit ist.

Um uns über den Zusammenhang all dieser Erscheinungen einigermaßen klar zu werden, müssen wir davon ausgehen, daß man die Schwärzung der photographischen Schicht auf eine Dissoziation der Molekeln der Silbersalze zurückzuführen hat. Die Dissoziation der Molekeln findet wiederum ihre Ursache in der Loslösung von Elektronen aus den einzelnen Atomen der molekularen Systeme. Diese Loslösung findet unter dem Einfluß der absorbierten Röntgenstrahlenenergie statt, d. h. vielmehr nach der Absorption der Röntgenstrahlenenergie erscheint diese nach ihrer Transformation in der kinetischen Energie der Elektronen wieder. Ist der Energieverlust, welchen die in der Zeit t auftreffende Strahlenenergie E_o beim Durchlaufen einer Silberschicht erleidet, $d\,E_o$
so ist

39) $$S_t = f\,(d\,E_o),$$

wenn S_t den jeweiligen Schwärzungsgrad bedeutet. Nehmen wir nun an, daß die Röntgenstrahlen kleinerer Wellenlänge, die Träger größerer Energiemengen sind, während umgekehrt die Röntgenstrahlen größerer Wellenlänge, die Träger kleinerer Energiemengen sind, so stellt sich die Gesamtenergie eines Spektrums pro Zeiteinheit dar als

40) $$E_o = J_o \cdot V_o\,,$$

wobei J_o die Intensität des Strahlengemisches bedeutet.

Der in der Gleichung 39 auftretende Faktor $d\,E_o$ ist gebildet durch die Summe der Energiemengen, welche den durch die Absorption gebildeten Elektronen innewohnt.

Es ist

41) $$d\,E_o = \sum_o^n \cdot E^e,$$

wobei E^e die Energie eines Elektrons darstellt, und n die Anzahl der gebildeten Elektronen ist. Die Größe E^e ist gegeben durch Gleichung 19, welche lautet:

19) $$E^e = \tfrac{1}{2}\,\mathrm{m}\,\mathrm{c}^2$$

und für welche wir die Gleichung 20 ableiteten.

20) $$E^e = \tfrac{1}{2} \cdot 0{,}9 \cdot 10^{-27} \cdot f \cdot (\lambda)\ \text{Erg}.$$

Nehmen wir hierbei weiter nur an, daß ein Röntgenstrahl die Energie für einen β-Strahl liefert (Bragg und Madsen, Trans. Roy. Soc. of Gouth. Australai, 1908, 32), so erreicht die Zahl n dann ein Maximum, wenn das Intensitätsmaximum des Spektrums im Gebiet der Wellenlängen $^\lambda m$ oder $^\lambda m + n$ liegt, wobei die genannten Wellenlängen gleich sind den Wellenlängen der Eigenstrahlung des Silbers.

Hier haben wir also ein Maximum der Schwärzung zu erwarten und bei ganz geringer Veränderung der Versuchsbedingung oder der Betriebsverhältnisse können hohe Änderungen in den Schwärzungsgraden eintreten, im Hinblick auf die Gleichungen 41, 19 und 20, aus welchen wir erkennen, welche Energien frei werden zu Transformationen.

Welchen Einfluß die Sekundärstrahlung des Silbers in der Tat hervorzurufen in der Lage ist, kann man sich in anschaulicher Weise durch folgende Versuche klarmachen.

Ein Kienböckstreifen wird auf der Schichtseite mit einem Silberblech von 0,9 mm Dicke, wie es bei der Wehneltskala Verwendung findet, belegt und es wird die eine Hälfte des Silberstreifens gegen die Schicht zu mit einem dünnen Papier bedeckt, so daß zwischen photographischer Schicht und Silberstreifen hier die Papierschicht liegt.

Ich habe diese Versuche angestellt unter folgenden Bedingungen:

Müller-Wasserkühlröhre,
Induktor; Gasunterbrecher,
1 mm-Filter,
Fokusabstand: 20 cm,
Spannung: 3000 Volt, gemessen an den Luftkondensatoren,
Belastung: 2 M.A. Zeitdauer: 1 Minute.

Dabei wurde der Streifen so angebracht, daß die Strahlen zuerst das Silber passieren mußten und dann erst zur Schicht des Reagenzstreifens gelangen konnten. Das Ergebnis des Versuches war, daß die Stelle des Reagenzstreifens, an der das Papier zwischen dem Silberblech und dem Streifen gelegen war, eine um 33 % geringere Schwärzung aufwies, als die andere Stelle, an der das Silber direkt auf der Schicht auflag.

Bei einem zweiten Versuch, den ich vornahm, waren die Versuchsbedingungen die gleichen, nur daß diesmal die Spannung ungefähr 4500 Volt war. Diesmal zeigte die Stelle, an der das Papier gelegen war, eine um 25 % geringere Schwärzung. Wir sehen aus diesen beiden Versuchen bereits den hohen Effekt, den die vom Silber ausgehende Strahlung hervorrufen kann. Auf die Bedeutung insbesondere für die Dosimetrie soll an der diesbezüglichen Stelle noch eingehender hingewiesen werden. Auch aus einer Reihe weiterer Versuche, die ich in dieser Richtung angestellt habe, geht mit Klarheit die Einwirknng der Sekundärstrahlung des Silbers hervor. Man kann z. B. einen Wehneltkeil direkt auf die Platte legen und die eine Hälfte unter dem Keil mit Papier bedecken, so daß eine dünne Papierschicht zwischen photographischer Platte und dem Wehneltkeil liegt. Während man einen Schwärzungsunterschied bei dem Wehneltkeil nicht beobachten kann, kann man einen Schwärzungsunterschied deutlich beim Silberstreifen beobachten und zwar zeigt auch hier wieder die Stelle, bei welcher zwischen Silberstreifen und photographischer Schicht kein Papier lag, eine bedeutend höhere Schwärzung auf.

Ich stellte hier insbesondere Versuche an, die für die Frage der photographischen Härtemessung sehr interessant sind. Auf die photographische Schicht einer W. A. H.-Platte in der Größe 13 × 18 cm wurde die Härteskala direkt gebracht und mit ihr in ein lichtdichtes Papier eingewickelt und belichtet. Dann wurde eine zweite W. A. H.-Platte, 13 × 18 cm in Einzelpackung genommen und die Härteskala unter vollkommen unveränderten Betriebsbedingungen aufgenommen. Beide Platten wurden in Methol-Hydrochinon-Entwickler gleich lang entwickelt und ebenfalls wiederum von mehreren Personen unter den bereits beschriebenen Bedingungen, also arithmetisches Mittel aus den Ablesungen, Ablesung hinter einer gleichmäßigen Lichtquelle usw., abgelesen. Das Resultat war ein Unterschied von 2 Wehnelteinheiten in den Angaben der beiden Platten, und zwar zeigte die Platte, bei der die Skala direkt auf der Schicht auflag, einen um 2 Grad niederen Wert als die andere Platte.

Aus diesen Ausführungen können wir erkennen, daß die Spannungsmessung in Verbindung mit der Feststellung des in der Physik gebräuchlichen Absorptionskoeffizienten oder der mit dem Absorptionskoeffizienten in bestimmter Relation stehenden Halbwertschicht ein wirklich hinreichendes Maß für die Messung der Härte einer Röntgenstrahlung darstellen. Der Absorptionskoeffizient oder die Halbwertschicht muß iontometrisch festgestellt werden aus Gründen, die wir ebenfalls noch näher behandeln werden.

Um die Veränderungen in den Entladungsvorgängen, die wiederum einen Einfluß auf die Veränderung des Strahlengemisches haben, feststellen zu können und damit einen Überblick über die spektrale Verteilung zu besitzen, empfiehlt sich während des Arbeitens die Beobachtung des Entladungsvorganges mittels der Vorrichtung, wie ich sie eingangs der Arbeit beschrieben habe. Die Beziehungen zwischen der Stromkurve und der Spannungskurve lassen sich noch vollständig klären, und zwar wird uns insbesondere hier die Arbeit von Ludewig sichere Anhaltspunkte geben.

In einer Arbeit hat von Seuffert (117) den Einfluß der Entladungskurve auf das Strahlengemisch bereits beschrieben und seine Bedeutung für die medizinische Praxis dargestellt und es ebenfalls als Erfordernis erklärt, die Entladungskurve während des Betriebes zu beobachten.

(Schluß folgt.)

Röhrenökonomie und Betriebskosten in meinem Röntgeninstitute in den ersten drei Jahren.

Von

Dr. **August Schönfeld,**
Vorstand des Zentral-Röntgeninstitutes im Kaiser-Jubiläums-Spitale der Stadt Wien.

Das Institut wurde zugleich mit dem ganzen Spitale, das einen Belagraum von 1000 Betten besitzt, im Winter 1912—13 fertiggestellt. Da jedoch mit dem Belag am 1. Mai 1913 begonnen wurde und derselbe erst allmählich fortschritt, so war das Betriebsjahr kein volles. Das Röntgeninstitut bildet im Spitale eine selbständige Abteilung und hat die Bestimmung, die Röntgenuntersuchungen und -behandlungen für Patienten des ganzen Spitales vorzunehmen.

Entsprechend dem Umstande, daß erst anfangs Mai der volle Betrieb der Anstalt aufgenommen wurde, waren die Leistungen im Verhältnis zur Größe der Anlage recht bescheidene.

Es wurden im Jahre 1913 2150 Aufnahmen und 630 Durchleuchtungen gemacht und 921 Dosen verabreicht. Die Summe der Leistungen betrug also 3701. Die Gesamtzahl der zugewiesenen Patienten belief sich auf 1204, von denen auf die diagnostische Abteilung des Institutes 1131, und auf die therapeutische 73 entfielen. Von den 1131 röntgenologisch untersuchten Fällen waren 964 Pfleglinge des Spitals und 167 ambulatorische Patienten, das ergibt einen Prozentsatz von 85%:15%. Von diesen Patienten wurden 2150 photographische Aufnahmen und 630 Durchleuchtungen gemacht. Die Aufnahmen wurden, wenn es nur irgendwie möglich war, stets in zwei aufeinander senkrechten Richtungen ausgeführt. Die Thorax- und Magendurchleuchtungen wurden größtenteils durch Aufnahmen kontrolliert und zwar erstens zur Fixierung der Aufnahmstechnik, zweitens um eine Sammlung zum Vergleiche für den Gebrauch der zugewiesenen Ärzte zu erhalten. Diese Aufnahmen, die infolge Verwendung größerer Formate ziemlich viel Geld kosteten, sind im ersten Jahre aus den oben angedeuteten Gründen notwendig, und werden sich in den nächsten Jahren nur mehr auf interessante pathologische Fälle beschränken und in einer Ersparnis bei den Ausgaben von Röntgenplatten ihren Ausdruck finden. Bei urologischen Fällen wurden prinzipiell 5 Aufnahmen zur vollkommenen Untersuchung des ganzen Harnapparates als unumgänglich notwendig erkannt, und daran muß wohl auch fernerhin im Interesse des Patienten festgehalten werden.

Von den zur therapeutischen Röntgenbestrahlung zugewiesenen 73 Patienten waren 56 Spitalspfleglinge und 17 ambulatorische Patienten, das Prozentverhältnis betrug 76%:24%. Wenn man bei Abwägung dieser allerdings noch geringen Zahlen noch in Erwägung zieht, daß der Natur der Sache nach die Röntgenbehandlung sich zeitlich ziemlich langwierig gestaltet, viele Pfleglinge, die während der ersten Bestrahlungen Pfleglinge des Spitals waren, infolge der Behandlung nicht mehr spitalsbedürftig sind und daher austreten, ambulatorisch aber weiter behandelt werden, so verschiebt sich eigentlich das Prozentverhältnis noch viel mehr zugunsten der ambulatorischen Patienten. Diese Möglichkeit wurde allerdings bei der Gründung des Institutes nicht ins Auge gefaßt, aus dem einfachen Grunde, weil zu jener Zeit die Röntgenbehandlung tiefliegender Organe noch nicht ausgebildet war. Der größte Teil der Patienten stammt infolge Einführung der modernen Tiefentherapie aus der Gynäkologischen Abteilung.

Die einzelnen Leistungen des Institutes, und zwar jede Aufnahme, jede Durchleuchtung und jede verabreichte Dosis wurden in einem diagnostischen und einem therapeutischen Protokoll verzeichnet, so zwar, daß bei jeder Aufnahme außer den medizinischen Bemerkungen noch technische Daten notiert wurden, die es mir eben jetzt ermöglichen, genaueres über die Auf-

nahmstechnik, Lebensdauer der Röhre, sowie auch Kosten der einzelnen Applikation aussagen zu können. Dies ist für die ökonomische Verwaltung einer Röntgenstation deshalb von besonderem Wert, weil nur durch genaue, lange Zeit geführte Aufzeichnungen Behauptungen berichtigt werden können, die vielfach von anscheinend autoritativer Seite aufgestellt und nachgesprochen werden, ohne daß bei genauerer Nachfrage Beweise in Gestalt großer, genau geführter Beobachtungsreihen für die einzelnen Angaben vorgebracht werden können. Es wurde bei den diagnostischen Notizen vor allem die Focus-Plattendistanz, die Belastung der Röhre in Milliampère, die Dicke des Objektes, die Expositionszeit und die Nummer der Röhre verzeichnet. Am Ende eines jeden Monats kann man dann genau über die Leistung jeder Röhre, die in ein Röhrenprotokoll übertragen wird, Aufschluß erhalten, wobei ich auch noch eine kurze Lebensgeschichte der Röhre im Laufe der Zeit erhalte. Alle Zufälligkeiten, Bemerkungen, Störungen im Betriebe der Röhre finden bei der einzelnen Röhre in diesem Röhrenprotokoll Aufnahme.

In den therapeutischen Notizen fand die angewandte Filterstärke, die Distanz, die Belastung in Milliampère, die Härte, die Bestrahlungszeit, sowie die jedesmal mit der Holzknechtschen Modifikation des Sabouraud-Noire gemessene Röntgenlichtmenge, die Röhrennummer, sowie rein medizinische Daten Aufnahme. Auch diese statistischen Notizen werden am Ende des Monats ins Röhrenprotokoll übertragen.

Aus diesen Aufzeichnungen ergibt sich, daß in diesem Jahre 1913 die Röhren für die obenerwähnten 2150 Aufnahmen 47033 Sekunden, für die gemachten 630 Durchleuchtungen 113600 Sekunden, sowie für die verabreichten 921 Bestrahlungsdosen 1062420 Sekunden gebrannt haben. Diese Angabe der Zeit allein ist allerdings kein Maß für die wirkliche Leistungsfähigkeit der Röhre, es sei denn, daß daneben auch ihre jeweilige Belastung bekanntgegeben wird. Diejenige Röhre, die mit 1 M.A. belastet eine Aufnahme mühselig in 2—4 Minuten zustande bringt, bei dickeren Objekten aber vollständig versagt, leistet eine ganz andere Arbeit, als eine solche, die mit 10 M.A. oder mit 30 M.A. belastet läuft. Ich habe z. B. eine Müller Wolframröhre mit Bauerregenerierung benützt, die 917 Aufnahmen in 16940 Sekunden ausführte, also ungefähr $4\,^3/_4$ Stunden gebrannt hat. Es wurden nach den Aufzeichnungen meines Protokolls mit dieser Röhre 715 Aufnahmen mit 10 M.A. Belastung und 202 Aufnahmen mit ungefähr 25 M.A. Belastung gemacht. Für die letzteren Aufnahmen mit höherer Belastung wurden ungefähr 2 Sekunden als durchschnittliche Expositionszeit angewendet. Da die von einer Röhre geleistete Arbeit proportional zu setzen ist der Belastung multipliziert mit der Zeit, so erhalten wir als ziffermäßigen Ausdruck für die Arbeitsleistung dieser Röhre rund 165000 M.A.-Sekunden oder 46 M.A.-Stunden. Um die tatsächliche Arbeit eines Rohres kennen zu lernen, und um diese mit anderen vergleichen zu können, ist es notwendig, die geleistete M.A.-Stundenzahl zu ermitteln.

Da von den angefertigten 2150 Aufnahmen 955 kurzzeitige mit durchschnittlich 2 Sekunden Expositionszeit und einer Belastung von ungefähr 25 M.A. und die übrigen 1195 gewöhnliche Zeitaufnahmen bei 10 M.A. Belastung waren, erhält man für die ersteren 1910 Sekunden mal 25 M.A. und für die letzteren 45123 Sekunden mal 10 M.A., zusammen 498980 M.A.-Sekunden oder 138 M.A.-Stunden Arbeitsleistung.

Für die 630 Durchleuchtungen, die mit einer durchschnittlichen Belastung von 2,5 M.A. ausgeführt wurden, ergeben sich 284000 M.A.-Sekunden oder $78\,^3/_4$ M.A.-Stunden als Arbeitsleistung.

Die 921 Bestrahlungsdosen, die in einer Zeit von 1062420 Sekunden bei einer durchschnittlichen Belastung von 2 M.A. verabreicht wurden, ergeben als Röhrenleistung 2124840 M.A.-Sekunden oder 590 M.A.-Stunden.

Diesen Leistungen des Institutes stehen die Ausgaben für dasselbe gegenüber, die sich im Jahre 1913 auf 29768 K beliefen. Bei 3701 Applikationen entfällt im Durschnitt auf die einzelne Leistung ein Pauschalkostenpreis von 8.05 K. Diese Ziffer, die für das erste Einrichtungs-

und Inbetriebsetzungsjahr mir nicht zu hoch zu sein scheint, aber meiner Meinung nach für spätere Betriebsjahre nicht vorbildlich ist, soll ganz im Groben eine Richtlinie für die ökonomische Gebarung eines jeden Institutes abgeben. Im folgenden will ich bemüht sein, diese Gesamtauslagen nach drei Gesichtspunkten zu ordnen, und ihren Einfluß auf die ökonomische Führung eines Institutes würdigen.

Unter den Gesamtausgaben sind die Personalkosten für das ganze Jahr eingestellt, da Gehalte und Löhne das ganze Jahr hindurch ausbezahlt werden mußten, obwohl der Belag der Anstalt und damit die Tätigkeit des Instituts erst anfangs Mai begann. Diese Personalkosten bleiben auch gleich, ob das Institut nur teilweise in Betrieb ist oder vollständig ausgenützt wird. Sie betrugen 15825 K. Es entfiel bei der geringen Inanspruchnahme in diesem Jahre bei 3701 Applikationen ein verhältnismäßig hoher Personalkostenanteil auf die einzelne Leistung; sie betrug 4.28 K.

Die Personalkosten bilden eine auch in den nächsten Jahren voraussichtlich ziemlich unveränderliche Post.

Sie setzt sich zusammen:

aus dem Gehalt des Vorstandes	5500 K
„ „ „ des Assistenten	2400 „
„ „ „ des Photographen	2190 „
„ „ „ der drei Schwestern	720 „
„ „ Lohn der Bedienerin	1095 „
„ „ Kostrelutum für den Assistenten	730 „
„ „ „ für die drei Schwestern	2190 „
„ dem Pauschalpreis für Wohnung, Bedienung, Beheizung u. Beleuchtung	1000 „
Summe	15825 K

Der zweite Teil der Ausgaben, die eigentlichen, veränderlichen Betriebskosten, stehen in einem innigen Zusammenhange mit der Zahl der Patienten, insbesondere steigen und fallen sie mit dem Zu- und Abnehmen der Zahl der Einzelleistungen des Institutes.

Diese Betriebskosten setzen sich aus folgenden Posten zusammen:

Gruppe A:

Ersatz und Erhaltung	201 K 30 h
Reproduktion	872 „ — „
Reparaturen	464 „ 80 „
Varia Apotheke	51 „ — „
Beleuchtung	690 „ — „
Beheizung	720 „ — „
Neuanschaffungen	2043 „ 90 „
Summe	5043 K — h

Gruppe B:

Röntgenplatten	4032 K 90 h
Chemikalien	923 „ 70 „
Folien und Kassetten	231 „ — „
Röhrenersatz	2497 „ — „
Therapiemessung	49 „ 40 „
Stromkosten	193 „ — „
Kontrastmittel	973 „ — „
Summe	8900 K — h

Die Betriebsauslagen betrugen mithin 13943 K, so daß auf die Einzelleistung 3 K 76 h entfielen. Während die in Gruppe A zusammengefaßten Posten wiederum mehr allgemeiner Natur sind und nicht spezialisiert werden und für die Kostenberechung der Einzelleistung genauer herangezogen werden können und unter der Bezeichnung allgemeine Betriebsquote auf die Einzelleistung verteilt werden müssen, kann man die Posten der Gruppe B der Berechnung der Einzelkosten zugrunde legen nicht nur, um einmal genauere Angaben zu besitzen, was die

einzelne Röntgenaufnahme, Durchleuchtung oder Bestrahlung kostet, sondern auch, um im Laufe der Zeit zu erfahren, ob mit diesem oder jenem Apparat, mit einer bestimmten Röhrentype oder einer gewissen Technik ökonomischer gearbeitet wird, und wo angesetzt werden muß, um die heute sicher noch als teuer geltende Rötgenmethode, so weit es mit einem wissenschaftlichen Betrieb vereinbar ist, zu verbilligen, wobei aber stets Aufnahme- und Bestrahlungstechnik auf der Höhe ihrer Leistungsfähigkeit stehen sollen.

Die allgemeinen Betriebskosten (A) machten im Jahre 1913 5043 K aus, und es ergibt sich auf die 3701 Einzelapplikationen berechnet rund 1 K 37 h als allgemeine Betriebsauslagenquote. In diese fallen Posten, die alljährlich in ungefähr gleicher Höhe wiederkehren und die wie die Beheizungs- und Beleuchtungskosten nicht ganz genau zu ermitteln sind oder wieder solche, die von einer stärkeren Abnützung abhängig sind, wie der Ersatz und die Erhaltung, sowie die Reparaturen. Die Reproduktionskosten sind mit Absicht in diese Gruppe eingestellt, da diese Ausgabe in allgemein wissenschaftlichen Gründen zu suchen ist; sie sind etwas höher als voraussichtlich in späteren Jahren, da ja in den ersten Jahren ein Archiv und Museum erst geschaffen werden muß, um das Material nicht für wissenschaftliche Zwecke verloren gehen zu lassen und durch Skioptikonvorträge den Anstalts- und anderen Ärzten vorführen zu können.

Die in der Gruppe B zusammengefaßten speziellen Betriebsauslagen von 8900 K ergeben auf die 3701 Applikationen verteilt eine spezielle Betriebsquote von rund 2 K 41 h. Die wichtigste Spezialausgabe für jedes Röntgeninstitut bedeutet die Post für die Röntgenplatten. Ich habe mich nach Versuchen über verschiedene Plattenmarken gänzlich der Verwendung der „Agfa“-Platte als erstklassigem Fabrikat zugewendet. Die Verläßlichkeit in der Präparation der Platte, die exakt ausgeführte Einzelpackung, die hohe Empfindlichkeit der Emulsion und die Annehmlichkeit, daß störende Plattenfehler so gut wie nie vorkommen, machen den etwas höheren Preis der Platte nebensächlich.

Die angefertigten 2150 Aufnahmen kosteten an Platten 4032 K 90 h, so daß pro Aufnahme durchschnittlich 1 K 87.5 h Plattenkosten entfallen. Bei den untersuchten 1131 Patienten kamen demnach auf den Patienten 3 K 56.5 h für Platten. Die Plattenpreise stellten sich je nach dem Format von 13×18 auf 55 h, 18×24 auf 1 K 4 h, 24×30 auf 1 K 57 h, 30×40 auf 2 K 75 h, und 40×50 auf 4 K 75 h. Ich habe mich absichtlich auf diese fünf Plattenformate beschränkt und glaube, daß man auch da noch das eine oder andere entbehren kann. Die am meisten benötigten Formate sind 13×18 und 18×24; die größeren Platten sind einesteils für Magendarmuntersuchungen, andersteils für Thoraxaufnahmen nicht zu umgehen. Bei weiser Mäßigung kann ihr Verbrauch stark herabgedrückt werden. Die Platten werden entweder in Einzelpackung oder bei Verwendung einer Folie in Ganzpackung in Gebrauch genommen. Nach der Exposition wird die Platte in der Dunkelkammer ausgepackt und mit gewöhnlichem Bleistift der Name des Patienten auf die Schichtseite geschrieben. Zum Entwickeln wird in meinem Institute für Röntgenplatten ausschließlich der Glyzinentwickler in selbstbereiteter Form verwendet. Nach vielen Versuchen mit den gangbarsten Entwicklern habe ich eine Zusammensetzung gefunden, die auch bei Überentwickeln ohne zu schleiern klar arbeitet, alle Details aus der Platte herausholt und auch in der Hand eines Ungeübten, der seine erste Platte entwickelt, ein brauchbares Negativ gibt, wenn nur nicht in Ungeduld zu kurz entwickelt wird. Die Platten werden hierauf nach genügender Fixierung und Wässerung mit Hilfe eines elektrischen Ventilators getrocknet. Mit der Lufttrocknung allein konnte nicht das Auslangen gefunden werden, da bei starker Inanspruchnahme des Instituts die Platten nicht rasch genug trocknen und dann auch nicht noch am selben Tage auf der Schicht mit Tinte signiert und ins Archiv eingereiht werden können. Auf die Platte wird der Name des Patienten, die Protokollnummer und das Datum einschließlich der Jahreszahl geschrieben. Sieht man auf dem Negativ irgendwelche pathologische Veränderungen, so wird dasselbe ins pathologische Plattenarchiv eingereiht. Dieses ist so eingeteilt, daß je ein Kasten mit entsprechenden

Unterabteilungen für den Verdauungstrakt, für das uropoetische System und für den Thorax bestimmt ist; je zwei Kästen enthalten wieder mit Unterabteilungen die Frakturen und die Knochenerkrankungen. Die Zahl der pathologischen Platten betrug am Ende des ersten Jahres 830. Wurde die Platte als normal bezeichnet, so wird sie ebenfalls vollständig wie die pathologische bezeichnet, aber der Zahlenreihe nach ins Magazin für normale Platten abgelegt. Dieselbe Signatur bekommt auch die alphabetisch in die Kartothek eingereihte Karte, auf der der Name des Patienten, die zuweisende Abteilung sowie anamnestische Daten, spezialärztliche Befunde, die Diagnose und der Röntgenbefund verzeichnet sind. Auch mit der Schaffung einer Diapositivsammlung wurde schon im ersten Jahre begonnen. Es wurde hierzu das gebräuchlichste Skioptikonformat 9×12 gewählt und von den interessanten Fällen mit Schutzgläsern versehene Diapositive angefertigt, die für Demonstrationen mit dem Skioptikon Verwendung finden werden. Die Diapositivsammlung enthielt Ende 1913 102 Diapositive.

Zum Negativprozeß wurden für Chemikalien 923 K 70 h ausgegeben. Für jede Aufnahme muß daher an Entwicklungskosten 42.9 h gerechnet werden. Diese Ziffer ist deshalb so hoch, weil im ersten Jahre eine bestimmte Summe auf den angeschafften Grundstock an Chemikalien entfällt und die obenerwähnten vorgenommenen Versuche mit verschiedenen Entwicklern ebenfalls das Verfahren etwas teurer erscheinen lassen.

Für Folien und Kassetten wurden 231 K ausgegeben. Auf jede Aufnahme entfällt daher bei 2150 Negativen ein Betrag von 10.7 h. Die Aufnahmen wurden nach der im Institute gebräuchlichen, von mir angegebenen Technik bis zu einer Objektdicke von 15 cm auf einer Platte in Einzelpackung gemacht, die einfach unter das aufzunehmende Objekt auf eine Bleiunterlage gelegt wurde. Objekte von mehr als 15 cm Dicke wurden mit Folie und Kassette angefertigt. Nach mehrfachen mit verschiedenen Kassetten und Folien angestellten Versuchen wurde die Marke Heyden als die beste erkannt, zumal sie ein sehr feines Korn hat und nicht nachleuchtet.

Die zweitgrößte und praktisch wichtigste Ausgabepost eines Röntgeninstituts bilden die verbrauchten und neuangeschafften Röhren. Die Verrechnung der Aufnahme-, Durchleuchtungs- oder Bestrahlungskosten in bezug auf den Anteil, der auf die einzelne Röhre entfällt, stößt auf beinahe unüberwindliche Schwierigkeiten. Es sind auch bis heute noch keine größeren statistischen Aufstellungen über die Leistungsfähigkeit der Röhren veröffentlicht und daher allgemein bekannt geworden. Um dies zu ermitteln, wird in meinem Institute seit der Eröffnung die Zeit und die Belastung für die einzelnen Applikationen in dem erwähnten diagnostischen und therapeutischen Protokoll niedergelegt und im Monatsberichte ausgewiesen; ebenso wird die Zahl der gemachten Aufnahmen, Durchleuchtungen und Dosen den einzelnen Röhren in einem eigenen Röhrenprotokoll gutgeschrieben. Dieses Protokoll, in dem jede Röhre eine Nummer erhält, ist ein Curriculum vitae jeder Röhre.

Im Jahre 1913 wurden im Institute 13 Röhren verbraucht und neu angeschafft; dafür wurden 2497 K ausgegeben, so daß durchschnittlich eine Röhre 192 K 8 h kostete. In der ersten Zeit des Betriebes wurden die einzelnen Röhren nicht speziell für Durchleuchtungen, Aufnahmen oder Bestrahlungen getrennt, sondern bald für diese, bald für jene Zwecke verwendet. Zeit und Beobachtung haben uns gelehrt, daß die Röhren für eine bestimmte Aufgabe auch ein ganz bestimmtes Vakuum, bestimmte Fokusgröße und Wärmeableitungsvermögen besitzen müssen, um den hohen Anforderungen des Hochspannungsgleichrichters zu genügen und es erfolgte die Bestellung späterhin nur mehr unter genauer Angabe des für sie bestimmten Wirkungskreises. Das Institut war ja eines der ersten, das über Apparate mit so immenser Leistungsfähigkeit verfügte, daß die gangbaren Röhren ihr nicht gewachsen waren. Es galt also im ersten Jahre nicht nur den Apparat kennen zu lernen, sondern auch eine eigene ganz neue Technik auszuarbeiten und dem Personal beizubringen, die es uns ermöglichte, auch von starken Objekten in einigen wenigen Sekunden Aufnahmen anzufertigen, so zwar, daß das Institut heute in der Aufnahmetechnik alles Geschaffene übertrifft. Diese Aufnahmemethode

war nach einigen Monaten so weit ausgearbeitet, daß ihrer Veröffentlichung nichts mehr im Wege stand (siehe Fortschritte Band XXII, S. 219).

Für Aufnahmezwecke wurden drei Röhren verbraucht und wieder ersetzt, so daß von den 2150 Aufnahmen durchschnittlich 716 Aufnahmen auf ein Rohr entfallen. Die einzelnen Aufnahmen stellen, wie ich schon oben erörtert habe, an die Röhre ganz verschiedene Ansprüche, je nachdem dieselbe mittel oder hoch belastet wird. In meinem Institute werden prinzipiell nur Aufnahmen mit rund 10 M.A. oder 25 M.A. Belastung vorgenommen, die ich der Kürze halber als Zeit und Schnellaufnahmen voneinander unterscheide. Bei jeder Schnellaufnahme wird nun der Röhre mehr Arbeit zugemutet als bei einer Zeitaufnahme und es sind die Schnellaufnahmen entsprechend der höheren Belastung zweieinhalbmal höher in bezug auf die Röhrenabnützung zu werten. Ich erhalte also für die 1195 Zeitaufnahmen 1195 Wertpunkte, für die 955 Schnellaufnahmen zweieinhalbmal so viel, also 3396, zusammen mithin 2591 Wertpunkte in bezug auf Röhrenabnützung.

Da die verwendeten Röhren 576 K 20 h kosteten, so betrug die Röhrenabnützungsquote für einen Wertpunkt 16 h; auf eine Zeitaufnahme entfallen daher als Abnützungsanteil 16 h, auf eine Schnellaufnahme 40 h.

Zur Verwendung kamen hauptsächlich Müllersche Rapidröhren mit Wasserkühlung, Gundelachsche Momentröhren und Rippenkühlröhren. Es wurden zumeist Zeitaufnahmen gemacht und daraus wohl erklärt sich die gewiß beachtenswerte Höhe von 716 Aufnahmen pro Röhre. Die gern verbreitete und nachgesprochene Meinung, daß der Hochspannungsgleichrichter die Röhren schneller unbrauchbar mache, als das Induktorinstrumentarium, hat damit ihren Halt vollständig verloren. Wenn man dabei nun noch in Betracht zieht, daß nach meiner Methode die Röhre stets bei Zeitaufnahmen mit 10 M.A. belastet läuft, und die Expositionszeit über 50 Sekunden nicht hinausreicht, so dürfte wohl jeder Vergleich nur mehr zugunsten des Hochspannungsgleichrichters enden. Betreffs der Expositionszeiten ergeben die Aufzeichnungen, daß für die 955 Schnellaufnahmen 1910 Sekunden verwendet wurden und daher die einzelne Aufnahme in ungefähr zwei Sekunden ausgeführt wurde, und daß ferner für die 1195 Zeitaufnahmén 45 123 Sekunden gebraucht wurden, so daß eine Zeitaufnahme im Durchschnitt $37\,^1/_8$ Sekunden dauerte. Für die Aufnahmen wurden 138 M.A. Stunden verbraucht, so daß auf jede der drei verwendeten Röhren als durchschnittliche Arbeitsleistung 46 M.A. Stunden entfallen.

Für die Aufnahmen mit ganz kurzer Expositionszeit erwiesen sich am dauerhaftesten die Müllerschen Wasserkühlröhren mit der Wolframantikathode. Der Wolframklotz ist so stark, und hält so enorme Hitzegrade aus, daß es einer besonderen Ungeschicklichkeit bedarf, um diese Röhre an der Antikathode an- oder gar durchzuschmelzen.

Für Durchleuchtungszwecke wurden ebenfalls drei Röhren verbraucht und durch neue ersetzt. Bei dem Durchschnittspreis einer Röhre von 192 K 8 h und den gemachten 630 Durchleuchtungen konnten also auf ein Rohr 210 Durchleuchtungen und ein Röhrenabnützungsanteil von rund 92 h pro Durchleuchtung gerechnet werden. Für alle Durchleuchtungen wurden bei einer durchschnittlichen Belastung von $2\,^1/_2$ M.A. $78\,^3/_4$ Stunden verbraucht; die Dauer der Durchleuchtungen betrug 113 600 Sekunden, bei 630 Durchleuchtungen dauerte also eine derselben durchschnittlich 180,3 Sekunden oder rund drei Minuten. Die durchschnittliche Arbeitsleistung einer der drei Durchleuchtungsröhren betrug $26\,^1/_4$ M.A. Stunden. Gerade bei der Durchleuchtung ist auch eine gut funktionierende Röhrenregeneriervorrichtung von wesentlicher Bedeutung. Als die beste Regeneriermethode hat sich mir die Gasregulierung und die Luftregenerierung erwiesen. Die letztere wird allmählich bei Ersatzanschaffungen in meinem Institute eingeführt. Ich habe sie trotz aller immer wieder auftretenden gegenteiligen Behauptungen als die bequemste und verläßlichste Regulierung kennen gelernt. Noch dazu hat sie den Vorteil der steten Betriebsbereitschaft. Ich glaube jeder Röntgenologe, der sich selbst um seinen Röhrenbetrieb kümmert und dies nicht ganz dem Hilfspersonal überläßt, wird meine Erfahrungen bestätigen können.

Bedeutend schlimmer war es in bezug auf den Röhrenverbrauch in der Röntgentherapie bestellt. Die seinerzeit für therapeutische Zwecke eingestellten Müller-Therapieröhren ohne Kühlung erwiesen sich weder der hohen Impulszahl des Hochspannungsgleichrichters, noch auch der inzwischen neuausgebauten Methode der Behandlung von tiefliegenden Krankheitsprozessen gewachsen, die einen intensiven, stundenlangen Betrieb verlangt. Eine lange Reihe zeitraubender Versuche nahm einen großen Teil des Jahres in Anspruch. Zuerst wurde versucht, mit allen 100 Impulsen die Röhre zu betreiben. Sie wurde dabei so heiß, daß selbst kontinuierliche Kühlung mit ständig fließendem, eisgekühltem Wasser die Röhre schließlich unaufhaltsam weicher werden ließ und für die Tiefenwirkung, die nur sehr harte Röhren verlangt, unbrauchbar machte. Die erzielten Bestrahlungszeiten waren so enorm lang, daß diese Betriebsart als unökonomisch nicht länger beibehalten werden konnte. Wurde die Röhre mit 50 Impulsen betrieben, so war das Ergebnis ein wesentlich besseres. Für kleine Verhältnisse könnte man mit diesem Betriebe das Auslangen finden, denn dann kann man der Röhre immer wieder Zeit zur Auskühlung und zum Rasten geben. Bei forciertem Betrieb aber hielten sie ebenfalls nicht stand und wurden ebenfalls weich. Es wurde nun probiert, durch rhythmisches Aus- und Einschalten des Hauptschalters der Röhre eine Pause zu gewähren. Da sich dies als zweckmäßig erwies, wurde ein rotierender Schalter in die Primärleitung eingebaut, der dieses sekundenweise Ein- und Ausschalten automatisch auf elektrischem Wege besorgte. Dieser Betrieb befriedigte aber ebenfalls noch nicht vollkommen, besonders deshalb nicht, weil die Qualität des Röntgenlichtes noch nicht diejenige Härte aufwies, die eine gute Tiefenwirkung erwarten ließ.

Nach umfangreichen Versuchen wurde ein Kommutator konstruiert, der die Entnahme von 25 Impulsen gestattete. (Fortschritte Bd. XXII, S. 420.)

Unter diesen unökonomischen Betriebsarten und tastenden Versuchen hatten die Röhren viel zu leiden, zumal auch für die Tiefentherapie noch nicht jene Röhrentype konstruiert war, die solche immense Beanspruchung aushielt und sich auch die Müllersche Wasserkühlröhre, die für diagnostische Zwecke zo ausgezeichnete Leistungen aufweisen konnte, sich den therapeutischen Anforderungen nicht gewachsen erwies.

Die Leistungsfähigkeit kann man aus der von ihr gelieferten Arbeit erkennen. Dieselbe kommt in zwei Größen zum Ausdruck, von denen eine die Anzahl der aufgewendeten M.A. und die zweite die Zahl der Dosen angibt. Die eine ergibt dann die Brenndauer der Röhre und die andere den in dieser Zeit erzielten Effekt in Dosen ausgedrückt. Im Jahre 1913 wurden 7 Therapieröhren und zwar durchgehends Müller-Wasserkühlröhren mit starker Platinantikathode und Osmoregulierung verbraucht, die bei einer Gesamtbelichtungszeit von 1 062 420 Sekunden und einer durchschnittlichen Belastung von 2 M.A. eine Gesamtarbeitsleistung von 590 M.A.-Stunden und bei den in dieser Zeit verabreichten 921 Dosen eine durchschnittliche Arbeitsleistung pro Röhre von 84 M.A.-Stunden und rund 132 Dosen ergaben. Für die Verabreichung einer Dose mußten demnach ungefähr 19 Minuten verwendet werden, wobei selbstverständlich Distanz und Filterstärke sowie Belastung immer gleichgehalten wurden.

Was die Röhrenkosten anbelangt, so kommen bei einem Durchschnittspreis von 192 K 8 h pro Röhre auf eine Dose als Röhrenabnützungsanteil rund 1 K 46 h, eine Ziffer, die mir wohl infolge der ausgeführten Versuche für einen Normalbetrieb zu hoch zu sein scheint, und die nach der neuen Betriebsart im nächsten Jahre jedenfalls kleiner werden muß.

In diese Zeit der Vervollkommnung des Therapieinstrumentariums fiel auch die Neukonstruktion einer Röhrentype, die von der Firma Watt herausgegeben und nach ihrem Konstrukteur als Helmröhre bezeichnet wurde. Diese erhielt, nach dem Prinzip der Wasserkühlröhren angefertigt, in die Antikathode, die sehr metallreich war, ein Röhrensystem eingebaut, durch das die an der Antikathode heiß gewordene Kühlflüssigkeit in beständiger Zirkulation erhalten blieb. Die erste Röhre, die ich gelegentlich des Besuches der deutschen Röntgengesellschaft in meinem Institute zeigen konnte, hat das Vertrauen, das ich in diese Konstruktion

setzte, gerechtfertigt. Versuche, die mit der sogenannten Veifaröhre mit auswechselbarer Kühlvorrichtung vorgenommen wurden, waren nicht zu meiner Befriedigung ausgefallen und so wurden als neue Therapieröhren dem eintretenden Unbrauchbarwerden der einmal angeschafften Röhren entsprechend nur mehr Wattröhren mit Bauerregulierung nachgeschafft.

Angesichts der großen Veranwortung bei der Ausübung der Röntgentherapie in ärztlicher und zivilrechtlicher Beziehung habe ich mich von allem Anfang an entschlossen, jede Dosis zu messen, wenngleich dies eine ziemliche Mühe bedeutet. Von der Verwendung des Kienböckschen Quantimeters mußte ich nach kurzer Zeit absehen, da derselbe die Dosis zu spät und erst nach umständlichem Entwickeln und Fixieren erkennen läßt. Auch scheinen mir hierbei so zahlreiche Fehlerquellen, so bedeutende Arbeit und Kosten vorhanden zu sein, daß dieses Meßverfahren bei jedesmaliger Dosenmessung nicht anwendbar ist.

Viel einfacher und handlicher ist der Gebrauch des Sabouraudschen Dosimeters in seiner Modifikation nach Holzknecht. Die Möglichkeit, auf der Haut des Patienten messen zu können, sowie die sofortige Ablesbarkeit der verabreichten Röntgenlichtmenge ohne vorhergehende komplizierte Manipulationen gibt dieser Methode den Vorzug. Für die Messung der Dosen wurden 49 K 40 h ausgegeben, so daß bei 921 verabreichten Dosen auf eine 5,3 h rund 6 h entfällt. Dieser Preis ist erschwinglich und steht in keinem Verhältnis zu dem Risiko, das man übernimmt, wenn man nicht jede Dosis mißt. Er ist gewissermaßen eine Versicherungsprämie gegen die zivilrechtlichen Folgen einer Verbrennung und schützt den Patienten. Tatsächlich hat sich auch in meinem Institute keine Verbrennung ereignet.

Interessant sind die Beziehungen der Kosten des elektrischen Stromes zu den Leistungen des Institutes. Da ich bei der Errichtung des Institutes für die aufgestellten Instrumentarien eine eigene Leitung legen lassen konnte, die von der Lichtleitung des Instituts vollständig getrennt war, konnte ich auch durch Einschaltung eines Zählers Messungen des Stromverbrauches vornehmen. Die Ablesung ergab am 31. XII. 1913 den Verbrauch von 6144 Hektowattstunden. Der Strompreis betrug 2.55 h pro Hektowattstunde, so daß für die Kraft 156 K 67 h und für die Zählermiete 36 K pro anno zu bezahlen waren. Die Leistungen des Jahres betrugen nach obigen Auseinandersetzungen 806 3/4 M.A.-Stunden. Es kostete also eine M.A.-Stunde 23.9 h, die M.A.-Minute mithin 0.4 h, also weniger als einen halben Heller. Da in diesem Jahre für die Herstellung von 806 M.A.-Stunden Röntgenlicht 6144 Hektowattstunden verbraucht wurden, so waren für eine Röntgenmilliampèrestunde 7.6 Hektowattstunden notwendig. Die Stromkosten spielen also bei der Röntgenmethode so gut wie keine Rolle, eine Tatsache, für die ich allerdings noch keinen ziffernmäßigen Beleg gefunden habe.

Die letzte Rubrik der speziellen Betriebsauslagen bilden die Kosten für die Kontrastmittel. Ich verwende hauptsächlich Bismuthum carbonicum und konnte mich nicht entschließen, für die Magenuntersuchungen ein billigeres Ersatzpräparat anzuwenden. Der Preis für eine Mahlzeit kam bei 293 Magenuntersuchungen auf 2 K 80 h, für eine Oesophagusuntersuchung auf 80 h, und für einen Darmeinlauf auf rund 4 K 90 h, so daß die Gesamtauslagen für die Kontrastmittel 973 K ausmachen.

Wenn man unter Zugrundelegung obiger Ausführungen ohne Berücksichtigung der unveränderlichen Personalkosten sämtliche eigentliche Betriebsauslagen nach den drei Applikationsarten gruppiert, so erhält man folgende Verteilung dieser Ausgaben.

a) Für 2150 Aufnahmen wurde ausgegeben:

Allgemeiner Betriebskostenanteil à 1 K 37 h	2929	K	—	h
für Röntgenplatten	4932	„	90	„
„ Chemikalien	923	„	70	„
„ Folien und Kassetten	231	„	—	„
„ 3 Röhren à 192 K 8 h rund	576	„	20	„
„ Strom bei 138 M.A.-Stunden à 23,9 h rund	33	„	—	„
Summe	8725	K	80	h

b) Für 630 Durchleuchtungen wurde ausgegeben:

Allgemeiner Betriebskostenanteil à 1 K 37 h rund	859 K — h
für 3 Röhren à 192 K 8 h rund	576 „ 20 „
„ Strom bei 78¾ M.A.-Stunden à 23,9 h rund	19 „ — „
„ Kontrastmittel	973 „ — „
Summe	2427 K 20 h

c) Für 921 Bestrahlungsdosen wurde ausgegeben:

Allgemeiner Betriebskostenanteil à 1 K 37 h rund	1255 K — h
für 7 Röhren à 192 K 8 h rund	1344 „ 60 „
„ Messung	49 „ 40 „
„ Strom bei 590 M.A.-Stunden à 23,9 h rund	141 „ — „
Summe	2790 K — h

Daraus ergibt sich als durchschnittliche Betriebsauslage

für eine Aufnahme	4 K 05 h
„ „ Durchleuchtung	3 „ 85 „
„ „ Dose	3 „ 03 „

Auf einen diagnostischen Patienten (a u. b) entfallen bei 1131 Patienten an Betriebsauslagen im Durchschnitt . . . . 9 K 86 h

auf einen therapeutischen (c) bei 73 behandelten Patienten im Jahre 1913 rund 38 K 21 h

Je nach der Plattengröße kostete eine Aufnahme je nachdem ob Zeit- oder Schnellaufnahme, die ersteren mit oder ohne Folie nach folgender Zusammenstellung 2 K 52 bis 7 K 07 h.

Format	13×18	18×24	24×30	30×40	40×50
Allgemeine Betriebskosten	137 h	137 h	137 h	137 h	137 h
Plattenkosten	55 „	104 „	157 „	275 „	475 „
Chemikalien	43 „	43 „	43 „	43 „	43 „
Röhrenanteil	16 „	16 „	16 „	16 „	16 „
Stromkosten	1 „	1 „	1 „	1 „	1 „
Zeitaufnahmen ohne Folie	252 h	301 h	354 h	472 h	672 h
Zeitaufnahmen mit Folie	11 „	11 „	11 „	11 „	11 „
	263 h	312 h	365 h	483 h	683 h
Röhrenmehrkost. b. Schnellaufnahm.	24 „	24 „	24 „	24 „	24 „
Summe	287 h	336 h	389 h	507 h	707 h

Unter den 630 Durchleuchtungen befinden sich nach meinen Aufzeichnungen 21 Oesophagus-, 293 Magen- und 28 Darmdurchleuchtungen, bei denen ein Kontrastmittel angewendet wurde und 288 gewöhnliche Durchleuchtungen. Da ich bei meinen Magenuntersuchungen stets 3 Durchleuchtungen in einem zeitlichen Abstande von ungefähr zwei Stunden vornehme, so sind diese Magenuntersuchungen in bezug auf den Stromverbrauch und die Röhrenabnützung dreimal so stark zu werten wie alle übrigen. Ich muß also diesen speziellen Berechnungen 337 einfache Durchleuchtungen und 293 dreifach gewertete, im ganzen 1216 Wertpunkte zugrunde legen. Dies ergibt dann bei einer Ausgabe von 18 K an Stromkosten als einfachen Anteil 1.5 h und als einfachen Röhrenabnützungsanteil bei 576 K 20 h Röhrenkosten rund 48 h. Unter Benützung aller vorhergegangenen Preisermittlungen erhalte ich dann für die einzelnen Arten der Durchleuchtung durchschnittlich folgende reine Betriebsauslagen.

	Einf. Durchl.	Ösophagus	Durchleuchtung des Magens	Durchleuchtung des Darms
Allgemeine Betriebsausgaben	137 h	137 h	137 h	137 h
Röhrenanteil	48 „	48 „	144 „	48 „
Stromkosten	2 „	2 „	5 „	2 „
Kontrastmittel	— „	80 „	280 „	490 „
Summe	187 h	267 h	566 h	677 h

Die Berechnung der Bestrahlungskosten pro Dosis ist am einfachsten. Der Preis hierfür setzt sich aus folgenden Posten zusammen:

Allgemeine Betriebsausgaben	137 h
Röhrenanteil	146 „
Messung	5 „
Stromkosten (38 M.A.-Minuten à 0,4 h)	15 „
Summe	303 h

Im Jahre 1913 wurden 13 Röhren verbraucht, auf eine Röhre entfielen 284.7 Einzelleistungen, es kostete jede Einzelleistung 3 K 76 h, und eine Milliampèrestunde 17 K 28 h.

Die Leistungen des Instituts im Jahre 1914 waren genau doppelt so groß wie im vorangegangenen Jahre. Es wurden 4354 Aufnahmen und 842 Durchleuchtungen gemacht und 2204 Dosen verabreicht. Die Summe der Leistungen betrug mithin 7400.

Die Gesamtzahl der neu zugewiesenen Patienten hatte sich mehr als verdoppelt und war auf 2620 gestiegen, von denen 2431 der diagnostischen und 189 der therapeutischen Abteilung zufielen. In der letzteren wurden noch 25 aus dem Vorjahre verbliebene Patienten weiter behandelt, so daß die Zahl der in diesem Jahre bestrahlten Patienten 214 ausmachte und insgesamt im Institute 2645 Patienten vorgenommen wurden.

Betrachtet man zuerst die diagnostischen Fälle, so ergibt die Zusammenstellung, daß von den 2431 Patienten 1799 Pfleglinge des Spitals einschließlich des im Herbst angegliederten Kriegsgebäudes für verwundete Soldaten betrafen, und 632 ambulatorische Patienten waren; das ergibt einen Prozentsatz von 74:26. Die Ambulanz war obwohl der Belagraum der Anstalt am Ende des Jahres verdoppelt worden war, von 15% im Vorjahre auf 26% angewachsen. Von den 2431 Patienten waren 1802 Zivil- und 629 Militärpersonen.

Von den ausgewiesenen Patienten wurden 4354 photographische Aufnahmen und 842 Durchleuchtungen gemacht. Wir mußten uns namentlich bei den Aufnahmen auf die allernotwendigsten beschränken und mußten auch mit den vorhandenen Platten und Röhren sparsam umgehen, da im Anfange manchmal Stockungen in der Beschaffung derselben eintraten. Von den Aufnahmen waren 1588 Schnellaufnahmen und 2766 Zeitaufnahmen.

Von den zur Röntgenbehandlung der therapeutischen Abteilung zugewiesenen Patienten waren 158 Pfleglinge der Anstalt und 31 ambulatorische Patienten. Das Prozentverhältnis betrug 83,6%:16,4%. Die Zahl der Zuweisungen ist von 73 Patienten im Vorjahre auf 189 gestiegen. In der Voraussicht dieser Steigerung des Betriebes habe ich gleichzeitig mit der Verbesserung der therapeutischen Apparatur eine Einrichtung geschaffen, die es mir ermöglichte, mit dem einen mir zur Verfügung stehenden Apparat gleichzeitig zwei Röhren zu betreiben und unabhängig voneinander zu regulieren und somit zwei Patienten gleichzeitig zu bestrahlen (näheres Fortschritte, Band XXII, S. 420).

Alle Einzelleistungen des Instituts wurden wieder im diagnostischen und therapeutischen Protokoll verzeichnet und die Röhrenleistung ins Röhrenprotokoll eingetragen. Aus diesen Aufzeichnungen ergibt sich, daß in diesem Jahre für die erwähnten 4354 Aufnahmen 103815 Sekunden, für die 842 Durchleuchtungen 164000 Sekunden und für die verabreichten 2204 Dosen 2124780 Sekunden gebraucht wurden. Die Summe dieser Einzelleistungen war im Jahre 1914 genau doppelt so groß wie im ersten Jahre und betrug 7400. Um die Leistungsfähigkeit der Röhren richtig beurteilen zu können, muß wieder die Umrechnung in M.A.-Stundenleistung erfolgen. Da nach meinen Aufzeichnungen 1588 Schnellaufnahmen mit 25 M.A. Belastung und einer durchschnittlichen Expositionszeit von zwei Sekunden gemacht wurden, betrug die Gesamtbelichtungszeit 3176 Sekunden und 79400 M.A.-Sekunden und für die 2766 mit 10 M.A. in 100639 Sekunden gemachten Zeitaufnahmen 1006390 M.A.-Sekunden zusammen 1085790 M.A.-Sekunden oder $301\frac{1}{2}$ M.A.-Stunden.

Für die 842 Durchleuchtungen, die mit einer durchschnittlichen Belastung von $2\frac{1}{2}$ M.A. gemacht wurden, ergeben sich $164000 \times 2\frac{1}{2}$ das ist 410000 M.A.-Sekunden oder $113\frac{3}{4}$ M.A.-Stunden als Arbeitsleitung der Röhren.

Die 2204 Bestrahlungsdosen wurden in 2124780 Sekunden bei einer ungefähren Belastung

von 2 M.A. verabfolgt und ergaben als Röhrenleistung 4249560 M.A.-Sekunden oder 1181 M.A.-Stunden.

Diesen Leistungen des Instituts im Jahre 1914 stehen die Ausgaben in der Höhe von 30062 K 50 h gegenüber. Bei doppelt so viel Applikationen sind die Kosten gegenüber dem Vorjahre nur um 306 K gestiegen, ein Zeichen, daß wesentliche Ersparungen im Betriebe gemacht wurden. Es entfiel auf die Einzelleistung nur 4 K 6 h, also die Hälfte der vorjährigen Einzelkosten. Diese Ziffer, die bei vollem Betrieb des Instituts sich ergab, dürfte sich der wirklichen Durchschnittsziffer sehr nähern, da ja das vorige Jahr als Inbetriebsetzungsjahr keine wirklichen Durchschnittsziffern liefern konnte.

Die Personalkosten sind etwas geringer geworden, obwohl als neue Ausgabe die Kosten des neugeschaffenen Aspirantenpostens in dieser Rubrik dazukamen. Die Personalkosten betrugen 14949 K. Der Anteil, der bei 7400 Applikationen auf die Einzelleistung entfiel, belief sich auf 2 K 2 h, also auf weniger als die Hälfte der vorjährigen Quote. Diese Kosten werden natürlich in ihrem auf die Einzelleistung entfallendem Anteil um so geringer, je stärker das Institut in Anspruch genommen wird. Sie setzten sich aus folgenden Posten zusammen:

aus dem Gehalte des Vorstandes	5500 K
„ „ „ des Assistenten	2000 „
„ „ „ des Aspiranten	650 „
„ „ „ des Photographen	1260 „
„ „ „ der drei Schwestern	720 „
„ „ Lohn der Bedienerin	1095 „
„ „ Kostrelutum des Assistenten	600 „
„ „ „ der drei Schwestern	2190 „
„ „ Pauschalpreis für Wohnung, Beheizung und Beleuchtung für den Assistenten	334 „
und die drei Schwestern	600 „
Summe	14949 K

Der zweitel Teil der Ausgaben, die eigentlichen Betriebsausgaben, stiegen ganz unwesentlich in diesem Jahre mit der steigenden Zahl der Applikationen, so daß die einzelne Leistung wesentlich billiger zu stehen kommt, je mehr das Institut in Anspruch genommen wird.

Die sogenannten allgemeinen Betriebsauslagen habe ich wieder in der Gruppe A zusammengefaßt.

Gruppe A:

Ersatz und Erhaltung	336 K	80 h
Reproduktion	412 „	— „
Reparaturen	378 „	40 „
Varia Apotheke	97 „	90 „
Beleuchtung	690 „	— „
Beheizung	720 „	— „
Neuanschaffungen	968 „	20 „
Summe	3598 K	30 h

Die zweite Gruppe B umfaßt die speziellen Betriebsauslagen.

Gruppe B:

Röntgenplatten	5641 K	30 h
Chemikalien	948 „	80 „
Folien und Kassetten	366 „	— „
Röhrenersatz	3379 „	— „
Therapiemessung	101 „	50 „
Stromkosten	239 „	60 „
Kontrastmittel	839 „	— „
Summe	11515 K	20 h

Die gesamten Betriebsauslagen betrugen mithin 15113 K 50 h, so daß auf die Einzelleistung bei 7400 Applikationen 2 K 4 h entfielen. Da die allgemeinen Betriebsauslagen 3598 K

30 h ausmachten, so entfällt auf die Einzelleistung als allgemeiner Betriebskostenanteil 48,6 h. Die Kosten für Ersatz und Erhaltung waren im heurigen Jahre entsprechend der stärkeren Inanspruchnahme etwas, aber unbedeutend höher. Die Reproduktionskosten waren nur halb so hoch und werden noch weiter sinken, da die ersten Ausgaben für die Errichtung eines Diapositivarchivs die größten sind. Die Ausgabe für Neuanschaffungen sank ebenfalls von 2000 K auf weniger als 1000 K. Gerade diese letztere Post ist sehr wechselnd, da man nicht weiß, ob nicht neue Methoden entstehen, die eine Neuanschaffung von Apparaten oder Zubehör erfordern. Der allgemeine Betriebskostenanteil ist infolge der gemachten Ersparungen auf den dritten Teil gegenüber dem Vorjahre verkleinert worden und wird im nächsten wahrscheinlich noch kleiner werden.

Die Gruppe B, die die speziellen Betriebsauslagen umfaßt, ergab an Ausgaben 11515 K 20 h. Diese sind zwar gegen das Vorjahr um rund 2600 K, jedoch keineswegs im gleichen Verhältnis wie die Zahl der Leistungen des Instituts, gestiegen. Auf die 7400 Einzelleistungen verteilt, erhält man als speziellen Betriebsauslagenanteil 1 K 55,5 h, also um ein Dritttel weniger als im Vorjahre. Zurückzuführen ist dies auf mannigfache Ersparnisse, die zum Teil auch mit den angeführten Verbesserungen im Betrieb und namentlich in der Ausgestaltung des Therapieinstrumentariums begründet sind. Auf die Einzelheiten werde ich bei der Besprechung der einzelnen Rubriken näher eingehen.

Die Ausgabe für Platten betrug im Jahre 1914 5641 K 30 h, so daß bei 4354 Aufnahmen 1 K 29,6 h auf die Aufnahme entfallen. Bei 2431 untersuchten Patienten kommen auf den einzelnen im Durchschnitt an Plattenkosten 2 K 32 h. Die Durchleuchtungen sind auch noch in diesem Jahre aus didaktischen Gründen durch eine Aufnahme festgehalten worden, denn es wurden bei 422 Thoraxdurchleuchtungen 413 Aufnahmen und bei 229 Magenuntersuchungen 127 Aufnahmen angefertigt. Da aber bereits kleinere Formate angewendet wurden, so ist die Ersparnis, die in dieser Beziehung in den nächsten Betriebsjahren noch günstigere Ziffern ergeben wird, eine ziemlich bedeutende.

Die Plattenentwicklung wurde mit Glyzin vorgenommen und die Negative weiter nach dem im Vorjahre angegebenen Prinzipe registriert. Es wurden 2236 pathologische Platten gewonnen, so daß das pathologische Archiv am 31. XII. 1914 insgesamt 3066 Platten aufwies. Bei dieser Gelegenheit möchte ich gerne darauf hinweisen, wie wichtig es ist, für die rapid anwachsende Plattensammlung genügend große, wenn auch nur einfach mit Stellagen versehene Räume sich zu sichern. Das von mir benützte Plattenmagazin hat normale Zimmergröße und ich hoffe durch Aufstellung der Platten in den alten Plattenschachteln, die an der Stirnseite mit Jahreszahl und Plattennummer versehen werden, jahrelang auszukommen. Auch die Platten mit normalem Befund soll man nicht sofort vernichten, jeder wird dies in einem oder dem anderen Falle schon bereut haben. Die Diapositivsammlung wurde in diesem Jahre um 152 Stück vermehrt, so daß mit 31. XII. 1914 254 Diapositive 9×12 vorhanden waren.

Für den Negativprozeß wurden 948 K 80 h ausgegeben, ungefähr dieselbe Summe wie im Vorjahre. Die Entwicklungskosten waren daher bei 4354 Aufnahmen bedeutend geringer, da mit den Chemikalien äußerst sparsam umgegangen wurde, sie betrugen pro Aufnahme 21,7 h, also ungefähr die Hälfte von dem für das vergangene Jahr ermittelten Anteil.

Für Folien und Kassetten wurden 366 K ausgegeben. Die Steigerung dieser Ausgaben entspricht der stärkeren Benutzung und dem infolge dessen gestiegenen Verbrauch an Folien. Auf die einzelne Aufnahme entfallen 8,4 h, eine Summe, die im Röntgenbudget zwar keine Rolle mehr spielt, die aber noch weiter sich verringern wird. Die Marke Heyden hat auch in diesem Jahre als erstklassige Marke ihre Stellung behaupten können.

Die zweitgrößte und wichtigste Ausgabepost für ein Röntgeninstitut sind die Röhrenkosten. Im Jahre 1914 wurden 14 Röhren verbraucht und neu angeschafft, wofür 3379 K ausgegeben wurden, so daß der Durchschnittspreis einer Röhre 198 K 76 h betrug. Die Röhrenpreise steigen infolge der Preissteigerung des Platins und der Gestehungskosten.

Für diagnostische Zwecke wurden 7 Röhren verbraucht und wieder ersetzt, so daß bei 4354 Aufnahmen auf eine Röhre durchschnittlich 622 Aufnahmen entfallen. Der etwas höhere Durchschnittspreis in diesem Jahre für eine Röhre wird sich voraussichtlich noch weiter erhöhen. Mit dem fertigen Ausbau meiner Methode und der damit einhergehenden größeren Schonung der Röhren werden die weiter nachgeschafften, ihrem Zweck völlig angepaßten Röhren noch bessere Resultate in bezug auf Aufnahmezahl und Brenndauer ergeben. Von den erwähnten 4354 Aufnahmen wurden 1588 als Schnellaufnahmen und 2766 als Zeitaufnahmen angefertigt. Wir erhalten also, da bei den Schnellaufnahmen die Röhre infolge ihrer Belastung mit ungefähr 25 M.A. zweieinhalb mal so viel leisten muß als bei den Zeitaufnahmen, die mit 10 M.A. Belastung hergestellt werden, als Wertpunktzahl für erstere 3970 und 2766 für letztere, zusammen 6736 Wertpunkte. Da die 7 für Aufnahmen verwendeten Röhren 1391 K 50 h kosteten, so erhält man als Röhrenabnützungsanteil für einen solchen Wertpunkt 20,6 h Für die Zeitaufnahme kommen daher als Röhrenquote 20,6 h, für die Schnellaufnahme 51,5 h in Betracht. Es wurden für Aufnahmen nur mehr Wolframröhren mit Bauerregenerierung angeschafft, die alten Inventarröhren mußten aber aufgebraucht werden und deshalb erklärt sich auch das Sinken der Aufnahmezahl pro Röhre einfach dadurch, daß die älteren Bestände für Verwendung am Hochspannungsgleichrichter nicht geeignet waren. Da die gesamte Arbeitsleistung dieser 7 Röhren, wie oben ausgeführt, $301^1/_2$ M.A.-Stunden betrug, so belief sich die durchschnittliche Brenndauer einer Röhre auf 43 M.A.-Stunden. Betreffs der Expositionszeiten ersieht man aus dem Protokoll, daß für die 1588 Schnellaufnahmen 3176 Sekunden, für die einzelne Aufnahme also ungefähr 2 Sekunden verwendet wurden und daß ferner für die 2766 Zeitaufnahmen 100,639 Sekunden gebraucht wurden, so daß auf eine Zeitaufnahme durchschnittlich 36,3 Sekunden entfielen. Für Durchleuchtungen wurden drei Röhren verbraucht und wieder angeschafft. Bei dem Preise von 198 K 76 h pro Röhre kommen bei 842 Durchleuchtungen auf eine Röhre 280 und ein Röhrenabnützungsanteil von 70,9 h für die einzelne Durchleuchtung. Die Durchleuchtungsziffer pro Röhre ist noch eine ziemlich bescheidene hauptsächlich aus dem Grunde, weil für die Durchleuchtung erst eine neue Zusammenstellung des Instrumentariums gefunden werden mußte. Da das Institut nur über Wechselstrom verfügt, hatte ich zuerst versucht, durch Vorschalten von Gleichrichterzellen auf elektrolytischem Wege Gleichstrom zu erhalten. Diese Einrichtung funktionierte aber nur so lange, als sie nicht vom Platze gerückt wurde. Sobald dies aber geschah, war es infolge Erschütterung der Zellen beim Transporte um die gleichrichtende Wirkung geschehen. Es wurde daher an Stelle dieser Zellen ein Gasunterbrecher nach Ropiquet eingebaut, der durch einen synchron mit der Phase des Wechselstroms laufenden Motor einen Quecksilberstrahlunterbrecher in Bewegung setzt, bei dem zum Löschen des Öffnungsfunkens Leuchtgas verwendet wird. Durch diese Anordnung ist ein Verschlammen des Quecksilbers vollkommen ausgeschlossen; der Unterbrecher hat sich als verläßlich erwiesen und hat nie eine Störung aufzuweisen gehabt. Ich glaube, daß mit diesem Unterbrecher die Röhren sehr geschont werden können, was ich im Laufe der Zeit aus meinem Protokolle werde konstatieren können. Erst nach allmählicher Eliminierung ungeeigneter und Ersatz durch gute Wolframröhren, wird auch hier der Betrieb in bezug auf den Röhrenverbrauch rationeller gestaltet werden. Bei einer durchschnittlichen Belastung der Durchleuchtungsröhre mit $2^1/_2$ M.A. wurden für sämtliche Durchleuchtungen $113^3/_4$ M.A.-Stunden aufgewendet; die Dauer der einzelnen Durchleuchtung betrug also etwas mehr als im Vorjahre, nämlich 194,7 Sekunden oder rund $3^1/_4$ Minuten. Die Brenndauer jeder der drei Durchleuchtungsröhren kam auf $37^3/_4$ M.A.-Stunden, sie war gegen das Vorjahr ungefähr um ein Drittel gestiegen. In bezug auf die Röhrenregenerierung wurde bei Neuanschaffungen stets die Bauersche Luftregenerierung angebracht, mit der ich nur die besten Erfahrungen gemacht habe.

Eine ganz bedeutende Verbesserung brachte die Neuanordnung beim therapeutischen Apparat nach meinen Angaben, die es ermöglichen, die Röhren mit 25 Impulsen zu betreiben, so daß die eintretenden Pausen der Röhre Zeit zum Ausruhen geben.

Es wurden für die 2204 verabreichten Dosen ebenfalls wie im Vorjahre nur 7 Therapieröhren verbraucht, die eine Leistung von 1181 M.A.-Stunden aufzuweisen hatten, so daß auf eine Röhre als durchschnittliche Brenndauer $168^{1}/_{2}$ M.A.-Stunden bei einer durchschnittlichen Belastung von 2 M.A. entfielen; die Leistungsfähigkeit der Röhren hatte sich also gegen das Vorjahr verdoppelt. Hier möge noch bemerkt werden, daß in alle diese Durchschnittsangaben über Röhrenleistungen alle jene Röhrenverluste mitgezählt sind, die das Institut durch Zufall, durch Stoß oder Schlag oder unvollkommenes Ankabeln oder Durchschlagen der Röhre, durch Unaufmerksamkeit des Personals erlitten hat, Zufälle, die sich auch bei der allergrößten Achtsamkeit und Sorgfalt nicht immer vermeiden lassen. Diese Zufallsverluste nicht mitzuzählen wäre Schönfärberei des Berichts, der ja nicht darauf zugeschnitten werden soll, Höchstleistungen zu zeigen, sondern uns praktisch gewonnene Durchschnittswerte geben soll. Daß auch der Wirkungsgrad der Röhren infolge der neuen Therapiebetriebsart ein wesentlich besserer war, geht daraus hervor, daß für die verabreichten 2204 Dosen 2 124 780 Sekunden gebraucht wurden, somit eine Dosis in durchschnittlich 16 Minuten erreicht werden konnte, also in einer um 3 Minuten geringeren Zeit als im Vorjahre. Jede Röhre konnte 314 Dosen aushalten, das ist ebenfalls mehr als doppelt so viel wie die Röhren im Vorjahre, wobei natürlich Distanz und Filterstärke auch heuer in gleichem Maße beibehalten wurden. Bei dem Durchschnittspreis einer Röhre von 198 K 70 h betrug der Röhrenabnützungsanteil bei 314 Dosen pro Dosis nur 63,3 h, also bedeutend weniger als die Hälfte der vorjährigen Quote. Auch in diesem Jahre wurde jede Dosis ausnahmslos mit der Sabouraud-Pastille nach der Holzknechtschen Modifikation gemessen und hierfür 101 K 50 h ausgegeben, so daß auf die Dosis 4,6 h an Messungskosten entfallen. Bei sorgfältiger Behandlung und guter Regenerierung in zerstreutem Tageslicht wurde sie in diesem Jahre ungefähr zwanzigmal benützt. Die Stromkosten und der Stromverbrauch für die Röntgenapparate ergaben bei einer Ablesung von 8059 Hektowattstunden am 31. XII. 1914 und einem Strompreis von 2,55 h pro Hektowattstunde für die Kraft samt Zählermiete 293 K 60 h. Die Leistung des Jahres betrug nach dem Protokoll $1596^{1}/_{4}$ M.A.-Stunden an Röntgenlicht, so daß die M.A.-Stunde nur 15 h, also um 0,9 h weniger kostete als im Vorjahre. Auch diese Ziffer beweist eine bessere Ausnützung der primären Energie und günstigere Ausbeute an Röntgenstrahlen, die nur durch den neuen Therapieapparat bewirkt wurde. Die M.A.-Minute kostete mithin 0,25 h. Noch besser wird die günstigere Ausnützung der primären Energie dadurch vor Augen geführt, wenn man nach den aufgezeichneten Ablesungen berechnet, wieviel Hektowattstunden primäre elektrische Energie zur Erzeugung einer M.A.-Stunde Röntgenlicht notwendig war. Für das Jahr 1914 ergeben sich bei 8059 Hektowattstunden für $1596^{1}/_{4}$ M.A.-Stunden pro M.A.-Stunde nur 5 Hektowattstunden, während im Vorjahr hierfür 7,6 Hektowattstunden notwendig waren.

Die letzte Rubrik für die Kosten der Kontrastmittel beträgt 839 K. Es wurde für Magenfüllungen nur Wismuth verwendet und es stellt sich der Preis für eine Mahlzeit auf 3 K, für einen Ösophagusbolus auf 80 h, und für einen Darmeinlauf auf 4 K 90 h; die Gesamtkosten sind etwas geringer als im Vorjahre, da weniger Verdauungskanaluntersuchungen ausgeführt wurden.

Unter Zugrundelegung obiger Berechnungen gruppieren sich die gesamten Betriebsauslagen von 15113,5 K nach den drei Applikationsarten verteilt folgendermaßen:

a) Für die 4354 Aufnahmen wurden ausgegeben:

	K	h
Allgemeiner Betriebskostenanteil à 48,6 h rund	2117 K	— h
für Röntgenplatten	5641 „	30 „
„ Chemikalien	948 „	80 „
„ Folien und Kassetten	366 „	— „
„ 7 Röhren à 198 K 76 h rund	1391 „	50 „
„ Stromkosten bei $301^{1}/_{2}$ M.A.-Stunden à 15 h rund	45 „	20 „
Summe	10509 K	80 h

b) Für die 842 Durchleuchtungen wurden ausgegeben:

Allgemeiner Betriebskostenanteil à 48,6 h rund	409 K 30 h
für 3 Röhren à 198 K 76 h rund	596 „ — „
„ Stromkosten bei 113¾ M A.-Stunden à 15 h rund	17 „ 20 „
„ Kontrastmittel	839 „ — „
Summe	1861 K 50 h

c) Für die 2204 Dosen wurden ausgegeben:

Allgemeiner Betriebskostenanteil à 48,6 h rund	1072 K — h
für 7 Röhren à 198 K 76 h rund	1391 „ 50 „
„ Messung	101 „ 50 „
„ Stromkosten bei 1181 M.A.-Stunden à 15 h rund	177 „ 20 „
Summe	2742 K 20 h

Daraus ergibt sich als durchschnittliche Betriebsausgabe

für eine Aufnahme	2 K 41 h
„ „ Durchleuchtung	2 „ 21 „
„ „ Dosis	1 „ 24 „

Auf einen diagnostischen Patienten (a und b) entfallen bei 2431 Patienten an Betriebskosten im Durchschnitt . . . 5 K. 08 h, und auf einen therapeutischen bei 214 behandelten Patienten im Durchschnitt . 12 K. 81 h.

Die Kosten der Aufnahmen nach Plattenformaten mit oder ohne Folie als Zeit- oder Schnellaufnahmen berechnet, geben folgende im allgemeinen geringeren Quoten als im Vorjahre.

Format	13×18	18×24	24×30	30×40	40×50
Allgemeine Betriebsquote	49 h	49 h	49 h	49 h	49 h
Plattenkosten	55 „	104 „	157 „	316 „	475 „
Chemikalien	22 „	22 „	22 „	22 „	22 „
Röhrenanteil	21 „	21 „	21 „	21 „	21 „
Stromkosten	1 „	1 „	1 „	1 „	1 „
Zeitaufnahmen ohne Folie	148 h	197 h	250 h	409 h	568 h
Folie und Kassette	9 „	9 „	9 „	9 „	9 „
Zeitaufnahmen mit Folie	157 h	206 h	259 h	418 h	577 h
Röhrenmehrkost. b. Schnellaufnahm.	31 „	31 „	31 „	31 „	31 „
Summe	188 h	237 h	290 h	449 h	608 h

Unter den 842 Durchleuchtungen waren 25 Ösophagus-, 229 Magen- und 27 Darmuntersuchungen, bei denen ein Kontrastmittel Verwendung fand, sowie 561 andere einfache Durchleuchtungen. Die Magenuntersuchungen wurden wieder so ausgeführt, daß stets drei Durchleuchtungen in einem Zeitraum von ungefähr fünf Stunden vorgenommen wurden und es ist daher bei diesen Untersuchungen die Röhrenabnützung dreimal so hoch zu werten, als bei allen übrigen Durchleuchtungen. Es müssen demnach 229 dreifach gewertete und 613 einfach gewertete Durchleuchtungen der Berechnung zugrunde gelegt werden, die Ausgabe also auf 1300 Wertpunkte verteilt werden. Dies ergibt bei einer Ausgabe von 17 K 20 h an Stromkosten als einfachen Anteil 1,3 h und als einfachen Röhrenabnützungsanteil bei 596 K Röhrenkosten 45,8 h. Für eine Magenuntersnchung ist dann der dreifache Betrag einzusetzen.

Für die einzelnen Durchleuchtungsarten ergeben sich folgende Durchschnittsbetriebsauslagen:

	Einf. Durchl.	Ösophagus	Durchleuchtung des Magens	Durchleuchtung des Darms
Allgemeine Betriebsauslagen	49 h	49 h	49 h	49 h
Röhrenanteil	46 „	46 „	138 „	46 „
Stromkosten	2 „	2 „	4 „	2 „
Kontrastmittel	— „	80 „	300 „	490 „
Summe	97 h	177 h	491 h	587 h

Die Auslagen für eine Dosis setzen sich folgendermaßen zusammen:

Allgemeine Betriebskosten	49 h
Röhrenanteil	62 „
Messung	5 „
Stromkosten (32 M.A.-Minuten à $^1/_4$ h)	8 „
	Summe 124 h

Alle diese Zahlen stellen sich wesentlich geringer als die im Vorjahre ermittelten. Im Jahre 1914 wurden 17 Röhren verbraucht; auf eine Röhre entfielen 435 Einzelleistungen, es kostete jede Einzelleistung 2 K 4 h, und eine Milliampère-Stunde 9 K 46 h.

Die Leistungen des Instituts im Jahre 1915 waren ebenso groß wie im vergangenen Jahre.

Es wurden 3517 Aufnahmen und 1264 Durchleuchtungen gemacht und 2600 Dosen verabreicht. Die Einzelleistungen betrugen insgesamt 7381.

Die Gesamtzuwachszahl der Patienten war abermals gegen das Vorjahr beträchtlich gestiegen und betrug 3213. Von diesen kamen auf die diagnostische Abteilung 2990 und auf die therapeutische Abteilung des Instituts 223 Patienten. In der letzteren wurden in diesem Jahre auch die vom Vorjahre verbliebenen 38 Patienten weiter behandelt, so daß die Zahl der behandelten Fälle in diesem Jahre 261 betrug und insgesamt im Institute 3251 Patienten vorgenommen wurden.

Von den 2990 diagnostischen Patienten waren 1962 Pfleglinge des Spitals (einschließlich des angegliederten Kriegsgebäudes für verwundete Soldaten) und 1028 ambulatorische Patienten, die teils aus den Ambulanzen, teils aus den benachbarten Roten Kreuzspitälern zugewiesen wurden. Der Prozentsatz betrug 65,5 $^0/_0$ Spitalspfleglinge: 34,5 Ambulante. Von den 2990 Patienten waren 1699 Zivil- und 1291 Militärpersonen. Die therapeutische Abteilung des Instituts hatte 223 Patienten, von denen 181 Spitalspfleglinge und 42 ambulatorische Patienten waren. Das Perzentverhältnis betrug 81,2 : 18,8.

Sämtliche Einzelleistungen des Instituts wurden ins diagnostische und therapeutische und ins Röhrenprotokoll eingetragen. Man ersieht aus diesen Aufzeichnungen, daß im Jahre 1915 für die erwähnten 3517 Aufnahmen die Röhren 69544 Sekunden, für die 1264 Durchleuchtungen 115530 Sekunden und für die verabreichten 2600 Dosen 2535320 Sekunden gebraucht wurden. Das ergibt zusammen 2720394 Sekunden. Die Summe der Einzelleistungen im Jahre 1915 betrug 7381.

Zur richtigen Beurteilung der Leistungsfähigkeit der Röhren muß man wieder die Umrechnung in die M.A.-Stundenleistung vornehmen. Da nach meinen Aufzeichnungen 960 Schnellaufnahmen mit ca. 25 M.A. Belastung in 3360 Sekunden gemacht wurden, betrug die durchschnittliche Expositionszeit 3,5 Sekunden. Die Gesamtleistung betrug also 84000 M.A.-Sekunden, und für die 2557 mit ca. 13 M.A. gemachten Zeitaufnahmen, für die 66184 Sekunden verwendet wurden, 860353 M.A.-Sekunden, zusammen also 944353 M.A.-Sekunden, oder 262 $^1/_4$ M.A.-Stunden.

Für die 1264 Durchleuchtungen, die mit einer Durchschnittsbelastung von 2 $^1/_2$ M.A. gemacht wurden, ergibt sich bei einer Dauer von 115530 Sekunden als Arbeitsleistung für die Durchleuchtungsröhren 288825 M.A.-Sekunden oder 80 $^1/_4$ M.A.-Stunden. Die Durchleuchtungen mußten deshalb so rasch gemacht werden, um den Untersucher möglichst zu schonen. Die 2600 Dosen wurden in 2535320 Sekunden bei einer ungefähren Belastung von 2 M.A. verabfolgt und ergaben als Röhrenleistung 5070640 M.A.-Sekunden oder 1408 $^1/_2$ M.A.-Stunden.

Diesen Leistungen des Instituts stehen die Ausgaben in der Höhe von 24414 K 80 h gegenüber. Die Zahl der Applikationen ist gegen das Vorjahr gleich geblieben. Die Kosten haben sich um 5647 K verringert. Es entfiel also bei 7381 Applikationen auf die Einzelleistung 3 K 31 h, mithin um 75 h weniger als im Vorjahre. Diese Ziffer, die sich bei vollem Betriebe und bei voller Belastung des Instituts ergab, ist kleiner infolge der Vakanzen der ärztlichen Hilfskräfte und des Photographen, trotzdem alle Betriebsmittel infolge der kriegerischen

Ereignisse eine bedeutende Steigerung erfahren hatten, denen aber durch Ersparungen die Wage gehalten werden konnte. Die Ausgaben sollen nun wieder nach denselben Gesichtspunkten wie im Vorjahre geordnet und auf ihren Einfluß auf die ökonomische Gebarung des Röntgeninstituts geprüft werden. Die Personalkosten betrugen 10745 K. Der Anteil, der bei 7381 Einzelleistungen im Jahre auf die Applikation entfiel, betrug 1 K $45^1/_2$ h, also um 56 h weniger als im Vorjahre. Diese Personalkosten setzten sich aus folgenden Posten zusammen.

Aus dem Gehalte des Vorstandes	5900 K
„ „ „ des Assistenten	vakat
„ „ „ des Aspiranten	„
„ „ „ des Photographen	„
„ „ „ der drei Schwestern	720 „
„ „ Lohn der Bedienerin	1095 „
„ „ Kostrelutum des Assistenten	vakat
„ „ „ der drei Schwestern	2190 „
„ „ Pauschalpreis für Wohnung, Bedienung, Beheizung und Beleuchtung für den Assistenten	vakat
„ „ für die drei Schwestern	600 „
Fahrgeld für die freiwillige Hilfskraft	240 „
Summe	10745 K

Der zweite Teil der Ausgaben, die eigentlichen Betriebsausgaben wiesen bei ungefähr gleicher Zahl der Applikationen eine Verringerung um 1444 K aus, so daß die einzelne Leistung wieder billiger zu stehen kam als im Vorjahre.

Die sogenannten allgemeinen Betriebsauslagen habe ich wieder wie im Vorjahre in der Gruppe A zusammengefaßt.

Gruppe A:

Ersatz und Erhaltung	246 K 40 h
Reproduktion	502 „ 60 „
Reparaturen	238 „ — „
Varia Apotheke	159 „ — „
Beleuchtung	690 „ — „
Beheizung	720 „ — „
Neuanschaffungen	402 „ 80 „
Summe	2958 K 80 h

Die zweite Gruppe B zeigt die Höhe der speziellen Betriebsauslagen.

Gruppe B:

Röntgenplatten	4697 K 90 h
Chemikalien	456 „ 30 „
Folien und Kassetten	207 „ 20 „
Röhrenersatz	4179 „ — „
Therapiemessung	144 „ — „
Stromkosten	200 „ 60 „
Kontrastmittel	826 „ — „
Summe	10711 K — h

Die gesamten Betriebsauslagen betrugen sohin 13669 K 80 h, so daß auf die Einzelleistung bei 7381 Applikationen 1 K 85 h entfielen. Da die allgemeinen Betriebsauslagen in diesem Jahre nur 2958 K 80 h betrugen, so hatte das Institut schon in dieser Rubrik Ersparungen von 639 K 50 h gegenüber dem Vorjahre gemacht; die allgemeine Betriebskostenquote betrug 40 h.

Die Gruppe B, die die speziellen Betriebsauslagen umfaßt, ergab an Ausgaben 10711 K, um 804 K also weniger als im Vorjahre. Auf die 7381 Einzelleistungen verteilt, erhält man als spezielle Betriebsauslagenquote 1 K 45 h, also pro Einzelleistung wieder um 10 h weniger als im Vorjahre.

Die Ausgabepost für die Platten betrug in diesem Jahre 4697 K 90 h, so daß bei 3517 Aufnahmen 1 K 33 h auf die Aufnahme entfallen. Dieses Ansteigen erklärt sich trotz äußerst sparsamer Verwendung größerer Formate aus den stetig steigenden Plattenpreisen.

Bei 2990 untersuchten Patienten kommt auf den einzelnen Durchschnitt an Plattenkosten 1 K 57 h. Gerade diese Ziffer zeigt, wie viel erspart werden kann, wenn die Aufnahme durch die Durchleuchtung so viel als möglich ersetzt wird.

Die Entwicklung der Platten wurde wieder mit dem erprobten Glyzinentwickler vorgenommen und die Negative wieder nach den im Vorjahre angegebenen Prinzipien registriert. Im Jahre 1915 wurden 2495 pathologische Platten gewonnen, so daß das pathologische Plattenarchiv am 31. XII. 1915 insgesamt 5561 Stück aufwies. Die Diapositivsammlung wurde um 335 Stück also auf 589 Diapositive Format 9×12 vermehrt.

Für den Negativprozeß wurden 456 K 30 h ausgegeben, weniger als die Hälfte des Vorjahres. Die Entwicklungskosten waren daher bei 3517 Aufnahmen bedeutend geringer, sie betrug pro Aufnahme 12,9 h, das ist um 8,8 h weniger als im Vorjahre.

Für Folien und Kassetten wurden 207 K 20 h ausgegeben. Diese Post war gegen das Vorjahr beträchtlich gesunken. Auf die einzelne Aufnahme entfallen 5,9 h. Es wurde auch in diesem Jahre die Marke Heyden als beste Folie verwendet. Die Kosten hatten sich pro Aufnahme um 2,5 h verbilligt.

Im Jahre 1915 wurden 18 Röhren verbraucht, wofür 4179 K ausgegeben wurden, so daß der Durchschnittspreis einer Röhre 232 K 16 h betrug. Die Röhrenpreise stiegen infolge der Preissteigerung der Materialien und der Produktionskosten als Folge der kriegerischen Ereignisse.

Für Aufnahmen wurden fünf Röhren verbraucht und ausschließlich durch Müller-Wasserkühlröhren mit der Wolframantikathode und der Bauerschen Luftregenerierung ersetzt, so daß bei 3517 Aufnahmen in diesem Jahre auf eine Röhre durchschnittlich 703 Aufnahmen entfallen. Der Röhrenpreis hat sich gegenüber dem Vorjahre um 33 K 40 h pro Röhre erhöht und dürfte wohl noch weiter steigen. Von den erwähnten 3517 Aufnahmen wurden 960 als Schnellaufnahmen und 2557 als Zeitaufnahmen angefertigt. Wir bekommen also wieder, da bei den Schnellaufnahmen die Röhre infolge ihrer Belastung mit ungefähr 25 M.A. doppelt so viel leisten muß als bei den Zeitaufnahmen, die in diesem Jahre mit ungefähr 13 M.A. hergestellt wurden, als Wertpunktzahl für erstere 1920 und 2557 für letztere, zusammen 4477 Wertpunkte. Da die für Aufnahmen verwendeten Röhren 1160 K 80 h kosteten, so erhält man als Röhrenabnützungsanteil für einen solchen Wertpunkt 25,9 h. Für die Zeitaufnahme kommt daher als Röhrenquote 25,9 h, für die Schnellaufnahme doppelt so viel also 51,8 h. Da die gesamte Arbeitsleistung dieser fünf Aufnahmeröhren, wie oben ausgeführt, $262\,^1/_4$ Stunden betrug, so belief sich die durchschnittliche Brenndauer auf $52\,^1/_2$ M.A.-Stunden. Betreffs der Expositionszeiten entnimmt man aus dem Protokoll, daß für die 960 Schnellaufnahmen 3360 Sekunden, für die einzelne Aufnahme also durchschnittlich $3\,^1/_2$ Sekunden verwendet wurden und daß die 2557 Zeitaufnahmen 66184 Sekunden benötigten, so daß auf eine Zeitaufnahme durchschnittlich 25,8 Sekunden entfielen.

Für Durchleuchtungen wurden fünf Röhren verbraucht und nachgeschafft. Bei dem Durchschnittspreis von 232 K 16 h pro Röhre kommen bei 1264 Durchleuchtungen dieses Jahr auf eine Röhre 253 Durchleuchtungen und ein Röhrenabnützungsanteil von 91,8 h für die einzelne Durchleuchtung. Die Durchleuchtungsziffer pro Röhre ist deshalb noch ziemlich gering, weil für diese Methode ältere, nicht ganz geeignete Typen verwendet werden mußten, die erst im Laufe der Zeit durch geeignete Wolframwasserkühlröhren ersetzt werden. Der im Vorjahre zur Verwendung gelangte Gasunterbrecher hat sich vollkommen bewährt. Er hatte nie eine Störung aufzuweisen und es fanden sich bei seiner Reinigung, die am Ende des Jahres vorgenommen wurde, nur ganz geringe Mengen von Ruß vor, die aber auf den Betrieb keinerlei Einfluß hatten. Die Durchleuchtungsbilder waren von großer Klarheit, so daß die für die

einzelne Durchleuchtung im Durchschnitt gebrauchte Zeit eine sehr geringe war. Bei einer durchschnittlichen Belastung der Durchleuchtungsröhre mit $2^1/_2$ M.A. wurden für sämtliche Durchleuchtungen $80^1/_4$ M.A.-Stunden aufgewendet, so daß die Dauer der einzelnen Durchleuchtung 91,4 Sekunden oder rund $1^1/_2$ Minuten, weniger als die Hälfte des Vorjahres betrug.

Die Brenndauer jeder der fünf Durchleuchtungsröhren kam auf 16 M.A.-Stunden. Diese Ziffer war gegen das Vorjahr bedeutend gesunken, und zwar deshalb, weil einige unbrauchbare Exemplare veralteter Typen ausgeschieden werden mußten.

Für die 2600 verabreichten therapeutischen Dosen wurden acht Therapieröhren verbraucht, die eine Leistung von $1408^1/_2$ M.A.-Stunden bei 2 M.A. aufzuweisen hatten, so daß auf eine Röhre als durchschnittliche Brenndauer 176 M.A.-Stunden bei einer durchschnittlichen Belastung von 2 M.A. entfielen. Die Leistungsfähigkeit der Röhren war gegenüber dem Vorjahre wieder etwas gestiegen. Es wurden ausschließlich Wattröhren mit automatischer Kühlung verwendet. Auch in diesem Jahre wurden bei allen Durchschnittsangaben über Röhrenleistungen alle jene Röhrenverluste mitgezählt, die nicht durch den Verbrauch der Röhre, sondern durch Zufälligkeiten bedingt waren. Die 2600 Dosen wurden in 2535320 Sekunden verabreicht, so daß eine Dosis in durchschnittlich $16^1/_4$ Minuten verabreicht wurde. Jede Röhre konnte 325 Dosen aushalten, das ist um 9 Dosen mehr als im Vorjahre. Distanz und Filterstärke waren dieselbe wie im Vorjahre. Bei dem Durchschnittspreis einer Röhre von 232 K 16 h betrug der Röhrenabnützungsanteil pro Dosis 71,4 h, er war also entsprechend dem höheren Röhrenpreis gegen das Vorjahr etwas gestiegen.

Auch heuer wurde jede verabreichte Dosis mit der Sabouraudschen Pastille gemessen und hierfür 144 K ausgegeben, so daß auf eine Dosis 5,5 h an Messungskosten entfallen. Diese Kosten haben ebenfalls infolge der Steigerung der Materialpreise eine geringe Erhöhung erfahren. Die Stromkosten und der Stromverbrauch für die Röntgenapparate konnten an dem eigenen Zähler leicht abgelesen werden. Diese Ablesung ergab den Verbrauch von 6463 Hektowattstunden, so daß bei einem Strompreis von 2,55 h pro Hektowattstunde für die Kraft 200 K 60 h samt Zählermiete zu bezahlen war. Die Leistung des Jahres betrug nach den obigen Aufzeichnungen 1751 M.A.-Stunden an Röntgenlicht, so daß die M.A.-Stunde nur 11,4 h also wieder um 3,6 h weniger kostete als im Vorjahre. Diese Ziffer beweist wieder eine bessere Ausnützung der primären Energie und eine günstigere Ausbeute an Röntgenstrahlen. Die M.A.-Minute kostete mithin 0,19 h. Noch besser offenbart sich die Ausnützung der primären Energie, wenn man nach der aufgezeichneten Ablesung berechnet, wie viel Hektowattstunden primäre Energie zur Erzeugung einer M.A.-Stunde Röntgenlicht notwendig sind. Für das Jahr 1915 ergeben sich bei 6463 Hektowattstunden für 1751 M.A.-Stunden pro M.A.-Stunde nur 3,6 Hektowattstunden, während im Vorjahre hierfür 5 Hektowattstunden nötig waren.

Die letzte Post, die Kosten der Kontrastmittel, betrug 826 K, ungefähr ebensoviel wie im Vorjahre. Der Preis für eine Mahlzeit stellte sich auf 2 K, für einen Ösophagusbolus auf 60 h und für einen Darmeinlauf auf 3 K 74 h.

Unter Zugrundelegung der obigen Berechnungen gruppieren sich alle Betriebsauslagen von 13699 K 80 h nach den drei Applikationsarten verteilt folgendermaßen:

a) Für die 3517 Aufnahmen wurden ausgegeben:

	K	h
Allgemeiner Betriebskostenanteil à 40 h rund	1410 K	— h
für Röntgenplatten	4697 „	90 „
„ Chemikalien	456 „	30 „
„ Folien und Kassetten	207 „	20 „
„ 5 Röhren à 232 K 16 h rund	1160 „	80 „
„ Stromkosten bei $262^1/_4$ M.A.-Stunden à 11,4 h	30 „	— „
Summe	7962 K	20 h

b) Für die 1264 Durchleuchtungen wurden ausgegeben:

Allgemeiner Betriebskostenanteil à 40 h rund	506 K 70 h
für 5 Röhren à 232 K 16 h rund	1160 „ 80 „
„ Stromkosten bei $80^{1}/_{4}$ M.A.-Stunden à 11,4 h	9 „ 20 „
„ Kontrastmittel	826 „ — „
Summe	2502 K 70 h

c) Für die 2600 Dosen wurden ausgegeben:

Allgemeiner Betriebskostenanteil à 40 h rund	1042 K 10 h
für 8 Röhren à 232 K 16 h rund	1857 „ 40 „
„ Messung	144 „ — „
„ Stromkosten bei $1408^{1}/_{2}$ M.A.-Stunden à 11,4 h	161 „ 40 „
Summe	3204 K 90 h

Daraus ergibt sich die durchschnittliche Betriebsausgabe

für eine Aufnahme	2 K 26 h
„ „ Durchleuchtung	1 „ 97 „
„ „ Dosis	1 „ 23 „

Auf einen diagnostischen Patienten (a + b) entfallen bei 2990 Patienten an Betriebskosten im Durchschnitt 3 K 50 h und auf einen therapeutischen Patienten bei 261 behandelten Patienten im Durchschnitt 12 K 28 h.

Die Kosten der diagnostischen Patienten haben sich gegen das Vorjahr wesentlich um 1 K 58 h verringert, die des therapeutischen dagegen nur um 53 h. Die Kosten der Dosen sind infolge des stetigen Steigens der Röhrenpreise nicht niedriger zu halten, während die Aufnahme- und Durchleuchtungskosten bei sparsamem Umgehen mit den Platten und bei kurzdauernder Durchleuchtungszeit merklich die Post verringern. Die Kosten der Aufnahmen nach Plattenformaten mit oder ohne Folie als Zeit- oder Schnellaufnahmen berechnet ergeben folgende Quoten:

Format	13×18	18×24	24×30	30×40	40×50
Allgemeine Betriebsquote	40 h	40 h	40 h	40 h	40 h
Plattenkosten	69 „	175 „	230 „	402 „	696 „
Chemikalien	13 „	13 „	13 „	13 „	13 „
Stromkosten	1 „	1 „	1 „	1 „	1 „
Zeitaufnahmen ohne Folie	149 h	255 h	310 h	482 h	776 h
Zeitaufnahmen mit Folie	6 „	6 „	6 „	6 „	6 „
Folie und Kassette	155 h	261 h	316 h	488 h	782 h
Röhrenmehrkost. b. Schnellaufnahm.	26 „	26 „	26 „	26 „	26 „
Summe	181 h	287 h	342 h	514 h	808 h

Unter den 1264 Durchleuchtungen waren 40 Ösophagus-, 285 Magen- und 62 Darmuntersuchungen, bei denen ein Kontrastmittel zur Verwendung kam und 877 andere einfache Durchleuchtungen. Wie in den Vorjahren wurde auch heuer wieder jede Magenuntersuchung derart ausgeführt, daß stets drei oder vier Durchleuchtungen in einem Zeitraume von fünf bis sechs Stunden vorgenommen wurden und es ist daher die Röhrenabnützung für eine Magenuntersuchung dreimal so hoch zu werten, wie bei allen anderen Durchleuchtungen. Es sind daher 285 dreifach gewertete und 979 einfach gewertete Durchleuchtungen den Berechnungen zugrunde zu legen, die Ausgaben also auf 1734 Wertpunkte zu verteilen. Dies ergibt bei einer Ausgabe von 9 K 20 h an Stromkosten, als einfachen Anteil 53 h und als einfachen Röhrenabnützungsanteil bei 1160 K 80 h Kosten für die Röhren pro Röhre 67 h. Für eine Magendurchleuchtung ist dann der dreifache Betrag für beide Quoten einzusetzen.

Für die einzelnen Durchleuchtungen erhält man dann folgende durchschnittliche Betriebsauslagen:

	Einf. Durchl.	Ösophagus	Durchleuchtung des Magens	Darms
Allgemeine Betriebsquote	40 h	40 h	40 h	40 h
Röhrenanteil	67 „	67 „	201 „	67 „
Stromkosten	1 „	1 „	2 „	1 „
Kontrastmittel	— „	60 „	200 „	374 „
Summe	108 h	168 h	443 h	482 h

Die einfache Durchleuchtung kam in diesem Jahre um 11 h teurer zu stehen als im Vorjahre und zwar nur wegen der hohen Röhrenpreise.

Die Auslagen für eine Dosis setzen sich aus folgenden Anteilen zusammen:

Allgemeiner Betriebskostenanteil	40 h
Röhrenanteil	71 „
Messung	5.5 „
Stromkosten (32,5 M.A.-Minuten à $^1/_5$ h)	6.5 „
Summe	123 h

Im Jahre 1915 wurden 18 Röhren verbraucht; auf eine Röhre entfielen 410 Einzelleistungen, es kostete jede Einzelleistung 1 K 85 h, und eine M.A.-Stunde 7 K 80 h.

Aus den vorgelegten Zahlen erkennt man, daß bei steigender Patientenzahl die Kosten stetig sich verkleinern. In ökonomischer Beziehung sieht man, daß durch die Zentralisierung der Röntgenmethode in einer eigenen Abteilung unter der Leitung ständiger Fachröntgenologen und bei gut organisiertem Betrieb eine sparsame Verwendung der Gelder zu erwarten ist.

Zu allen diesen Erwägungen ökonomischer Natur, die manchem vielleicht unärztlich erscheinen mögen, fühlte ich mich verpflichtet, nicht so sehr um knauserige Ersparungen zu erzielen, sondern um meinem lebhaft entwickelten Verantwortlichkeitsgefühl für die Verwendung von Geldern aus den Taschen der Allgemeinheit gerecht zu werden und es mir selbst klar zu machen, ob mit den aufgewendeten Mitteln, die größt- und bestmöglichsten Leistungen erzielt worden sind. Zur Veröffentlichung dieser Auszüge aus den Protokollen der drei ersten Jahre meines Instituts drängte mich der Wunsch, den am Betriebe interessierten Faktoren zu zeigen, wie ungefähr die selbständige ökonomische Gebarung eines größeren Röntgeninstitutes zum Nutzen des Betriebes geführt werden soll.

Ostern 1916.

Die richtige Verwertung des Doppelschattens bei der Fremdkörperlokalisation[1]).

Von

Oberstabsarzt Dr. **Wagener** (Mainz), Chefarzt des Kriegsgefangenenlazaretts Darmstadt.

M. H.! Jedem Arzte, der Fremdkörper lokalisieren will, möchte ich raten, sich mit der Entstehung der Schatten bzw. der Doppelschatten eingehend zu beschäftigen, sich sozusagen dem „Schattenstudium" hinzugeben. Vieles wird ihm dann einfach, ja selbstverständlich erscheinen, was zuvor kompliziert, fast unverständlich erschien. Gestatten Sie, daß ich Ihnen einige wichtige Tatsachen hierüber vortrage.

Aus dem Schattenbild des Fremdkörpers selbst läßt sich nur seine Gestalt im allgemeinen feststellen, aber nichts über den Ort, wo er sich befindet. Aus dem Doppelschatten läßt sich auf verschiedene Weise zunächst die Höhenlage einzelner Punkte des Fremdkörpers durch Rekonstruktion der Strahlengänge oder durch Ausmessen der Schattendistanz feststellen. Beide Wege führen aber nur dann zu exakten Ergebnissen, wenn homologe Punkte gewählt werden. Dieser an sich klare Begriff kann leicht mißverstanden werden. Wie Sie in dieser Figur sehen, zeigen Punkte, die auf derselben Horizontalebene liegen, nach doppelter Belichtung die gleiche Schattendistanz, vorausgesetzt, daß die zweimalige Belichtung aus derselben Höhe und unter

[1]) Vortrag, gehalten in der ärztl. Konferenz des Kriegsgefangenenlazaretts Darmstadt am 28. IV. 1916.

gleicher Verschiebung der Röhre erfolgt. (Fig. 1.) Homologe, gleichgelegene Schattenpunkte sind nur solche, deren Verschiebungslinie parallel mit der Verschiebungslinie (= richtung) der Lichtquelle bei der 1. und 2. Belichtung verläuft. Vorspringende Ecken, Zacken u. a. dürfen nicht ohne weiteres als homolog angesehen werden, weil sie anscheinend gleichgelegen sind. Vergleiche die Punkte A und B in Fig. 2. Der verlängerte erste Schatten zeigt an, daß der Körper bei B aufgebogen ist. Ebenso können die Schatten abwärts gebogener Teile eines Fremdkörpers irreführen. Es ist praktisch, parallele Linien zu ziehen, die mit der Verschiebungslinie der Röhre bei der 1. und 2. Belichtung parallel laufen; dann trifft man unbedingt homologe Punkte. Mein Quadratfelderrahmen bzw. die gleicheingeteilte Zeichenpappe erleichtern das Auffinden derselben wesentlich. Den Beweis dafür, daß man homologe Punkte getroffen hat, ergibt bei der Rekonstruktion der Strahlengänge durch Fäden die Tatsache, daß sich die Fäden wirklich kreuzen, am Kreuzungspunkte berühren, während sie sich im anderen Falle nur scheinbar im Kreuzungspunkte treffen, in Wirklichkeit einen freien Raum zwischen sich lassen. Werden scheinbar homologe Punkte miteinander verbunden, so kann die sich ergebende Höhenlage des Fremdkörpers von der wirklichen Lage desselben unter Umständen wesentlich abweichen. Je größer die Höhe ist, aus der die Belichtungen erfolgen, desto größer sind die Fehler. Bei derselben Belichtungshöhe sind die Fehler um so kleiner, je größer die Verschiebungsdistanz der Röhre ist. Diese Tatsache wird gewiß die häufige Wahrnehmung verursacht haben, daß bei der Operation Fremdkörper tiefer lagen, als die Höhenmessung bei der Lokalisation angab (s. Fig. 2), wenn auch zugegeben werden muß, daß Gewebsentspannungen dasselbe auch verursachen können; Fehler in der Horizontalentfernung können ebenso bedingt sein. Stellt man die Höhenlage vieler oder doch mehrerer homologer Punkte der Peripherie des Schattens durch Rekonstruktion der Strahlengänge durch Fäden fest, so kann man sich den Fremdkörper bis auf einzelne aufoder abgebogene Teile in seinen Grenzen, Krümmungen und seiner relativen Lage zur Ebene vorstellen, wenn man sich die Schnittpunkte der rekonstruierten Strahlengänge verbunden denkt.

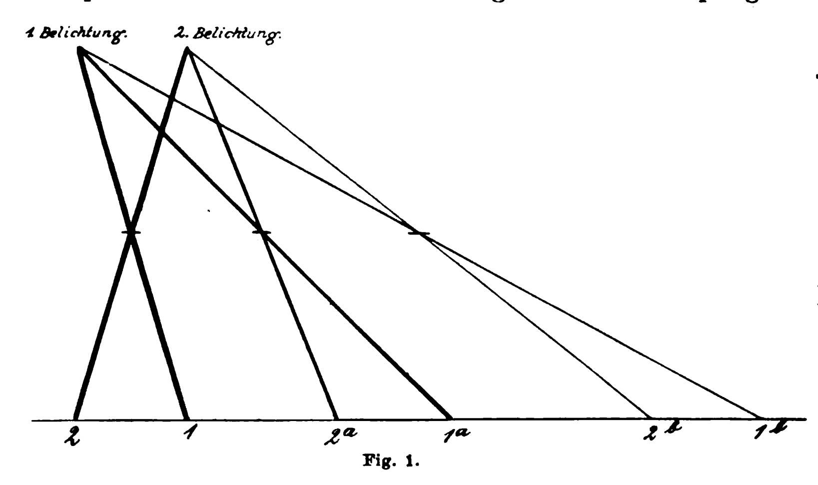


Fig. 1.

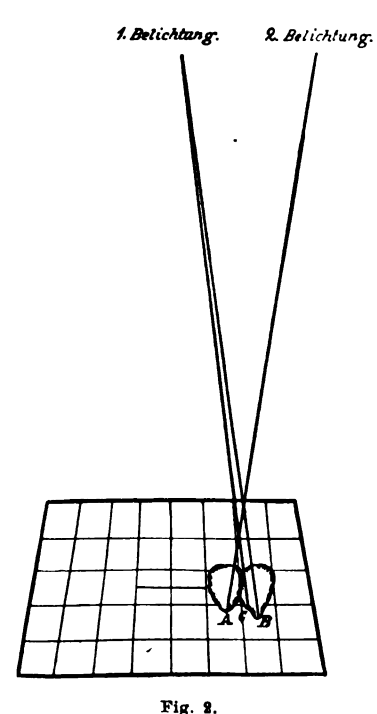


Fig. 2.
A u. B scheinbar homologe Punkte.
A u. C gleichgelegene, homologe Punkte.

Um den Ort des Fremdkörpers zu finden, klebte man bisher Bleimarken auf die Oberfläche des Körpers, deren Schatten man in Verbindung brachte mit denjenigen des Fremdkörpers. Diese künstliche Vermehrung der Schattenbilder machen aber jede derartige Methode mehr oder weniger kompliziert. Mit diesem herkömmlichen Verfahren habe ich gebrochen, wie ich Ihnen vor einem halben Jahre auseinandersetzte.

Die Fremdkörperlokalisation durch drei Ebenen und gleichzeitiger Angabe der Entfernungen von je zwei Punkten der Horizontal- und der Vertikalebene unter Benutzung meines Quadratfelderrahmens und Parallellineals, a) durch Röntgenographie oder b) mittels Durchleuchtung.

Von

Oberstabsarzt Dr. **Wagener** (Mainz), Chefarzt des Kriegsgefangenenlazaretts Darmstadt[1]).

M. H.! Vor einem halben Jahre hatte ich die Ehre, Ihnen einen Vortrag über die Lokalisation von Fremdkörpern mit Hilfe meines Quadratfelderrahmens und Parallellineals zu halten und Ihnen den Apparat vorzuführen. Ich wies Ihnen nach, daß der Ort, wo der Fremdkörper liegt, durch drei Ebenen festgestellt und außerdem seine Entfernung von zwei Punkten der Vertikalen und zwei Punkten der Horizontalen erkannt wurde. Sie erinnern sich dieses Bildes. (Vgl. Fig. 9 in Bd. XXIII, 5, S. 451 dieser Zeitschrift aus meiner Arbeit über Fremdkörperlokalisation.)

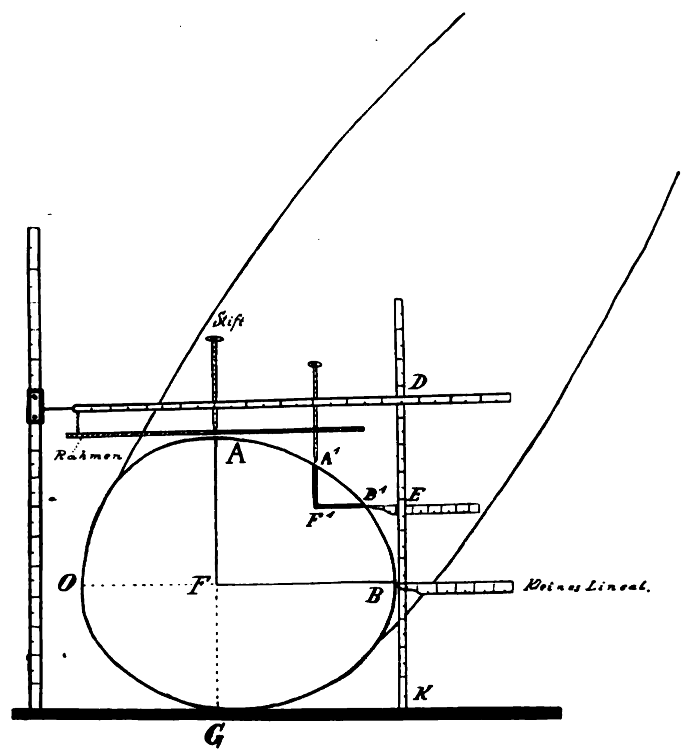


Fig. 9 in Bd. XXIII, 5, S. 451.

Wenngleich der Apparat seit dieser Zeit in vielen Fällen bei den Verwundeten praktisch erprobt wurde — ich darf wohl sagen, mit bestem Erfolge; er hat also gehalten, was ich damals versprach —, so hatte ich doch das Bestreben, ihn auch für die Durchleuchtungsmethode, die von mancher Seite für die Lokalisation bevorzugt wird, dienstbar zu machen. Die nähere Beschäftigung mit dieser Frage und das Studium des Doppelschattens hatten für mich das erfreuliche Ergebnis, daß ich Ihnen heute mitteilen kann: der Quadratfelderrahmen mit Parallellineal sind bei der Durchleuchtungsmethode geradeso gut zu verwenden wie bei der geometrischen Rekonstruktion der Strahlengänge durch Fäden; an Stelle der Zeichenpappe tritt ein Leuchtschirm.

Bei der Rekonstruktion durch Fäden wird die Höhenlage[2]) am Kreuzungspunkt derselben abgelesen an einem Standlineal. Hierdurch ist die Höhenlage der Horizontalebene bestimmt und der Vertikalfußpunkt festgestellt. Unter Ausnutzung der Vertikalen werden die beiden anderen Ebenen konstruiert und zum Schlusse die Entfernungen des Fremdkörpers von der Haut am Parallellineal abgelesen.

[1]) Vortrag, gehalten in der ärztl. Konferenz des Kriegsgefangenenlazaretts Darmstadt am 28. IV. 1916.

[2]) Höhenlage = Entfernung des Fremdkörpers von der Unterlage, unterer Teil der Strahlenschnittpunktvertikale.
Tiefenlage = oberer Teil dieser Vertikalen. Vgl. Bd. XXIII, 5, S. 446 dieser Zeitschrift.

Bei der Durchleuchtungsmethode verfahre ich umgekehrt. Ich gehe von der Konstruktion der Vertikalen aus und bestimme dann die Tiefenlage. Folgendes diene zur Erklärung:

Wie ich Ihnen soeben vortrug, ist nach doppelter Belichtung aus derselben Höhe und bei gleicher Verschiebung der Lichtquelle die Schattendistanz, die Entfernung der Schatten voneinander, bei allen Punkten, die auf derselben Horizontalebene liegen, dieselbe. Ferner sehen

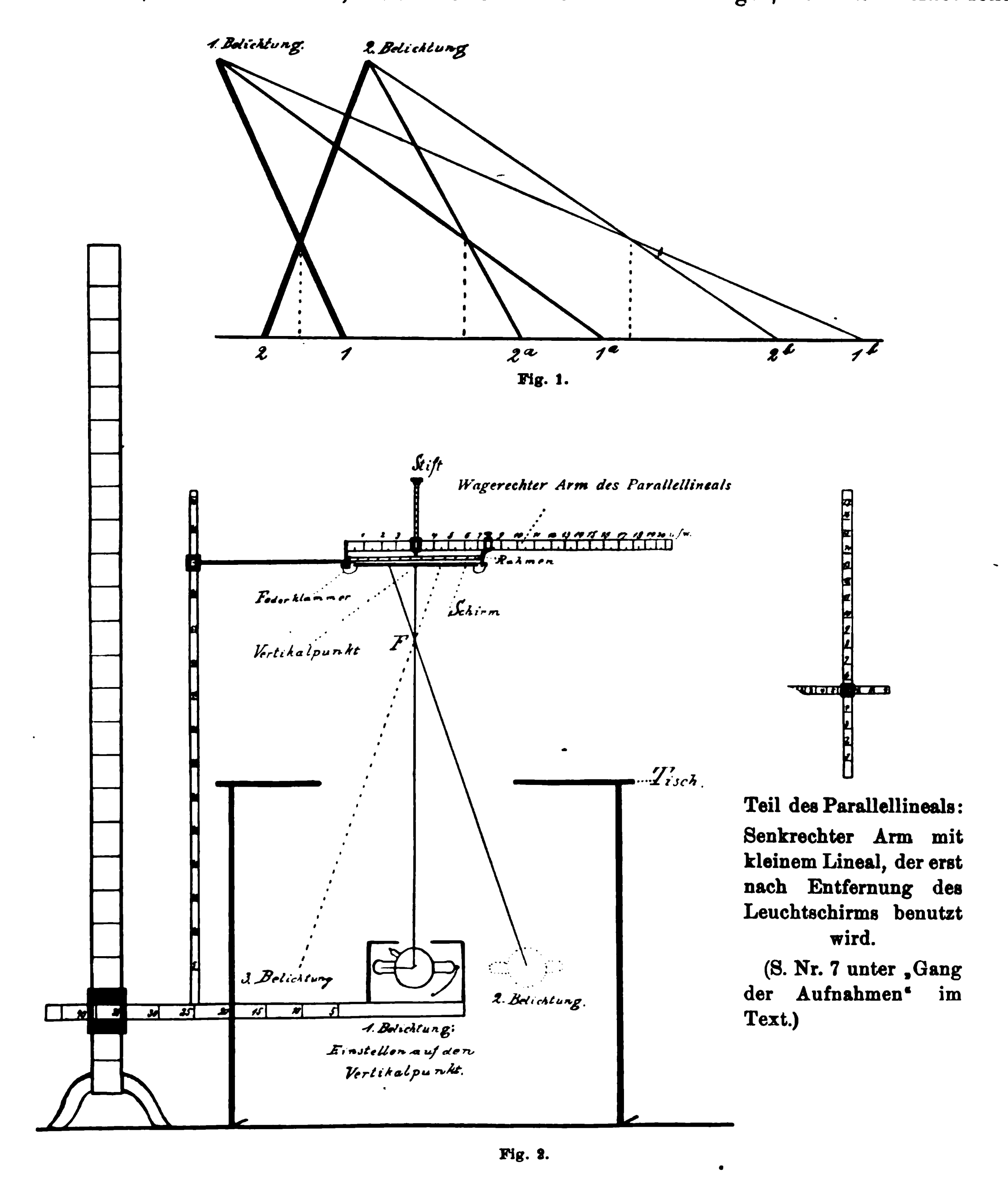


Fig. 1.

Fig. 2.

Teil des Parallellineals: Senkrechter Arm mit kleinem Lineal, der erst nach Entfernung des Leuchtschirms benutzt wird.

(S. Nr. 7 unter „Gang der Aufnahmen" im Text.)

Sie, daß die Strahlenschnittpunktvertikale von Punkten derselben Horizontalebene um so weiter von den Schatten entfernt liegt, je weiter der Fremdkörper von der Lichtquelle entfernt ist. (Fig. 1.) Es gibt aber eine Lage, in der der Fremdkörper von beiden Lichtquellen gleichweit entfernt ist und der Vertikalfußpunkt genau in der Mitte zwischen den beiden Schatten liegt. Hiervon ging ich aus. Legt man nach Feststellung der Vertikalen die doppelte Belichtung nach links und rechts in gleichen Abständen vom Vertikalfußpunkt, so erscheinen auch die

beiden Schatten im Leuchtschirm in gleichen Abständen nach links und rechts von der Vertikalen. (Fig. 2.) Wie Sie aus dieser Figur ersehen, genügt es, wenn außer dem Vertikalpunkt noch ein Schatten zur Darstellung gebracht wird, die Markierung des zweiten erübrigt sich. Kurz gefaßt, nimmt die Aufnahme folgenden Gang:

1. Leuchtschirm und Durchleuchtungstisch horizontal stellen.
2. Höhenzeichen zur Kontrolle der Körperlage anbringen.
3. Vertikalpunkt feststellen. (Mitte des Schattens.)
4. Verschiebung der Röhre um eine Strecke (Schattenmitte).

(zu 3. und 4.:) Markieren dieser Punkte auf dem Schirm mit dem Stift des Parallellineals.

5. Feststellen der Schattendistanz, aus der sich die Tiefenlage durch Ablesen an dem von mir angegebenen Apparat (selbstverständlich auch einfach zu improvisieren) ergibt (s. Fig. 3). (Vergleiche das Moritzsche Meßverfahren auf S. 649 der Röntgentechnik von H. Albers-Schönberg.)
6. Entfernung des Leuchtschirms; der Stift fällt jetzt auf den Vertikalpunkt der Haut (Fig. 4).
7. Heranbringen des senkrechten Armes mit kleinem Lineal und Einstellen des kleinen Lineals auf die Tiefenlage (Horizontalebene) und ablesen wie bekannt (Fig. 4).

Fig 3.

Resultat:

Angenommen, der Fremdkörper befindet sich 4 cm unter dem Leuchtschirm. Von diesen 4 cm ist abzuziehen die kleine Strecke vom Schirm bis zur Haut (Fig. 4). Die übrigen Entfernungen werden, wie bekannt, in aller kürzester Zeit abgelesen. Die Ausgleichung der Krümmungslinie der Haut wird mechanisch durch Stift und kleines Lineal vollzogen.

Demnach ist der Fremdkörper genau lokalisiert, bei kürzester Zeitaufwendung, in drei Ebenen, unter gleichzeitiger Angabe seiner Entfernung von zwei Punkten der Horizontal- und zwei Punkten der Vertikalebene.

Zum Schlusse will ich die Vorzüge meiner Methode noch kurz zusammenfassen:

1. Der Ort des Fremdkörpers ist durch drei Ebenen festgelegt. Festgestellt werden außerdem die Entfernungen von zwei Punkten der Horizontal- und zwei Punkten der Vertikalebene.
2. Man ist nicht an eine bestimmte Höhe, aus der die Belichtung erfolgen muß, gebunden; sie ist beliebig wählbar; dasselbe gilt auch für die Röhrenverschiebung.
3. Die Übertragung des optischen Ergebnisses erfordert keine umständlichen Methoden; dasselbe wird einfach mechanisch und unmittelbar auf den Körper übertragen, wobei die Stabilität des Apparates die unbedingte Sicherheit gewährleistet.
4. Krümmungen der Haut wirken nicht störend. (Vgl. Bd. XXIII, 5, S. 451 dies. Zeitschrift.)
5. Die Mitbelichtung von einer oder mehreren Marken, deren Doppelschatten zum Fremdkörperdoppelschatten in Beziehung gebracht werden müssen, um den Ort des Fremdkörpers zu finden, fällt fort.

6. Es sind keine komplizierten Rechenaufgaben zu lösen; die Entfernungen werden am Lineal abgelesen.

7. Mein Apparat ist, wie Sie gesehen haben, für beide Methoden anwendbar. Trotz des anscheinend gleichen Ergebnisses hat die Röntgenographische vor der Durchleuchtungsmethode den Vorzug, daß bei ersterer die Schatten nebeneinander mit Ruhe betrachtet werden können,

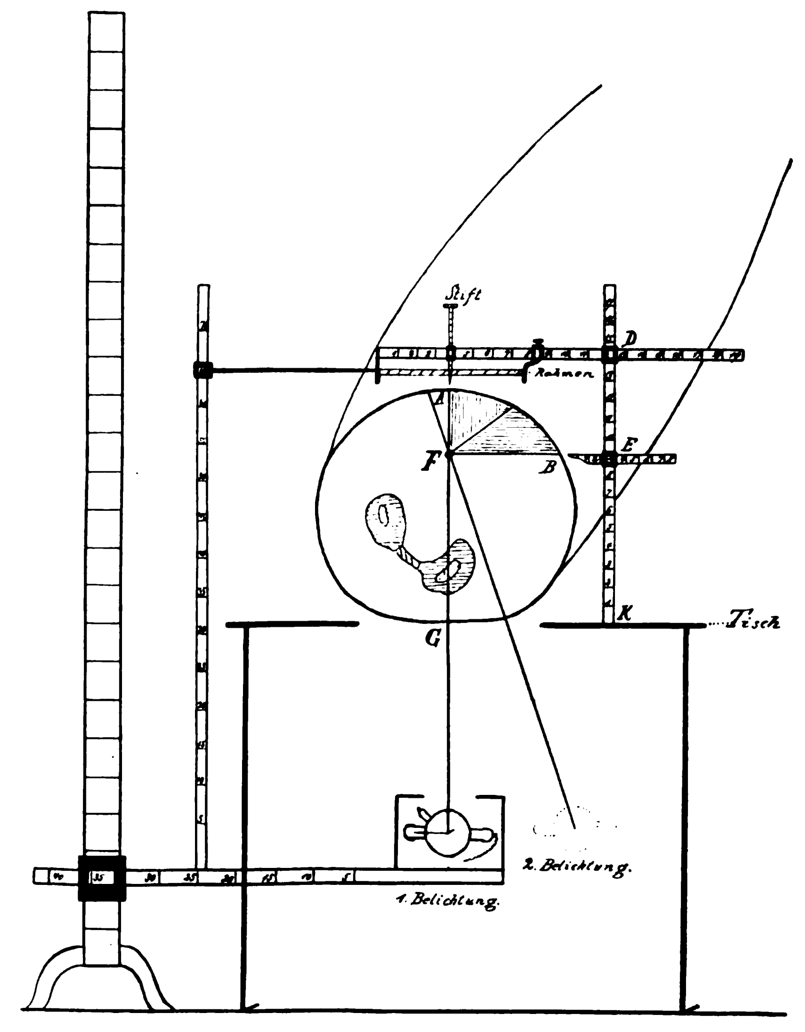


Fig. 4.
Schematische Darstellung der Fremdkörperbestimmung am Querschnitt des rechten Unterarms. (Ende des oberen Drittels.)

während bei der Durchleuchtung die Schatten nacheinander erscheinen und jeder für sich allein betrachtet werden muß, wodurch ein Vergleichen derselben und das Auffinden homologer Punkte an sich erschwert ist, trotzdem die Feldereinteilung meines Rahmens die Schwierigkeit fast aufhebt.

Für die jeweilige Anwendung der beiden Verfahren möchte ich mich dahin entscheiden:

Die röntgenographische Methode, die genaueste der beiden, ist dann notwendig, wenn der Fremdkörper nicht gesehen wird oder seine Gestalt, seine Umrisse und relative Neigung zur Ebene erkannt werden sollen, oder wenn dünne Körper wie Hand und Finger in Frage kommen.

Aus der Röntgenabteilung des Festungslazaretts Deckoffizierschule Wilhelmshaven (Chefarzt Marine-Oberstabsarzt Dr. Tillmann).

Beitrag zur Röntgendiagnose der Zwerchfellhernie.

Von

Dr. **Ernst Peters**-Davos, Marine-Oberassistenzarzt d. R.

(Hierzu Tafel XVI, Fig. a, b, c.)

Trotz der großen Zahl von penetrierenden Brustbauchverletzungen, die in diesem Kriege zur Beobachtung kommen, sind über eine mitunter bei diesen auftretende Folgeerscheinung, den Zwerchfellbruch, insbesondere über den zur Stellung dieser Diagnose so wichtigen Röntgenbefund dabei, während des Krieges nur wenige Veröffentlichungen erschienen. Es ist dies die Arbeit von Wieting, der zwei Fälle bespricht — und dies auch mehr vom Standpunkt des Chirurgen aus — und die kürzlich an dieser Stelle veröffentlichte Beschreibung eines Falles von v. Domarus und Salomon. Und doch bedarf die Röntgendiagnostik der Hernia diaphragmatica, besonders in ihrer differenzialdiagnostischen Abgrenzung gegen den angeborenen Zwerchfellhochstand, die Eventratio diaphragmatica, noch der Vervollständigung, zu der die Kriegsverletzungen einen nicht unerheblichen Teil beizutragen vermögen. Denn gerade in der Abgrenzung gegen diesen letzteren Krankheitszustand besteht röntgenologisch die Hauptschwierigkeit der Diagnose, die ja im allgemeinen überhaupt nur unter Zuhilfenahme der Röntgenstrahlen zu stellen ist, wenigstens in ihrem chronischen Stadium, wenn keine Einklemmungserscheinungen vorhanden sind. Aus diesen Gründen glaubte ich auch nachfolgende Fälle als Beitrag zur Lösung dieser Frage veröffentlichen zu sollen.

Schon in den älteren Arbeiten über diesen Gegenstand spielt zwar das Trauma eine nicht unwesentliche Rolle, aber nur im Sinne der Einwirkung einer stumpfen Gewalt (Stoß, Fall), nicht als Verletzung im eigentlichen Sinne. Königer ist es hauptsächlich, der ein Trauma in der Vorgeschichte als wesentliches differenzialdiagnostisches Moment gegenüber der Eventration verwertet wissen will. Nun ist zwar ohne weiteres einleuchtend, daß bei schon bestehender kongenitaler Anlage ein stumpfes Trauma das auslösende Moment für die Entstehung einer Hernie sein kann (vgl. Fleiner), analog etwa der Leistenhernie. (Bei diesem Vergleich bin ich mir im übrigen wohl bewußt, daß es sich bei einer sogenannten Zwerchfellhernie meist nicht um eine Hernie im eigentlichen Sinne, sondern um einen Prolaps handelt.) Andererseits aber sind doch auch eine große Reihe von Fällen beschrieben, bei denen kongenitale Hernien bei Neugeborenen und auch, ohne vorausgegangenes Trauma, bei älteren Individuen autoptisch festgestellt wurden (Simon, Doberauer, Weihe, Monti, Risel u. a.).

Die Ansicht Königers ist also dahin einzuschränken, daß man wohl berechtigt ist, zu sagen, daß ein Trauma in der Vorgeschichte bis zu einem gewissen Grade für die Diagnose Hernie, das Fehlen eines solchen aber nicht dagegen spricht. Wenn also schon ein stumpfes Trauma mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit für eine Hernie und gegen eine Eventration spricht, so wird diese Wahrscheinlichkeit bei einer Schußverletzung des Zwerchfells selbst noch wesentlich größer. Und um solche Fälle muß es sich offenbar hier handeln, wie die folgenden Krankengeschichten ergeben.

Fall 1. Vorgeschichte. Der Seewehrmann G., 30 Jahre alt, wurde im Dezember 1914 durch einen Schrapnellschuß verletzt. Er fiel zu Boden, gab reichlich Blut von sich, von dem er jedoch nicht angeben kann, ob es ausgehustet oder erbrochen war, und hatte hochgradige Atemnot. In den folgenden Tagen, nachdem er in einem Feldlazarett aufgenommen war, besserten sich die Beschwerden rasch. Die Atemnot verschwand, eine erneute Blutung trat nicht mehr auf. Es ist damals angeblich ein Bluterguß

in der linken Brusthöhle durch Punktion festgestellt worden. Husten bestand nicht. Übrig blieben nur Magenbeschwerden, die sich in Schmerzen nach dem Essen in der linken Oberbauchgegend, nach der linken Schulter ausstrahlend, äußerten. Nach reichlichem Aufstoßen besserten sie sich. Auch trat gelegentlich kurze Zeit nach dem Essen Erbrechen auf. Die Verdauung war stets geregelt. Blutbeimengungen im Stuhl hat Patient nie bemerkt. Er wurde in der Folgezeit in mehreren Lazaretten behandelt, und tat dann vom Mai 1915 bis März 1916 Garnisondienst. Während dieser Zeit hatte er in bald schwächerem, bald stärkerem Maße die oben beschriebenen Magenbeschwerden und wurde deswegen nunmehr wieder dem Lazarett überwiesen. Hier gab er noch an, daß er früher stets gesund gewesen sei, insbesondere nie an Magenbeschwerden gelitten habe.

Befund: Ziemlich kleiner, etwas blaß aussehender Mann in mäßigem Ernährungszustand. Kopf und Hals ohne Besonderheiten. Am Rumpf findet sich in der Mitte des rechten inneren Schulterblattrandes eine reichlich bohnengroße, nicht druckempfindliche, auf der Unterlage gut verschiebliche Narbe (Einschuß). Eine zweite Narbe, etwa 1/2 cm breit, 4 cm lang, befindet sich in der linken hinteren Axillarlinie zwischen der neunten und zehnten Rippe. Die darüber liegende Stelle der neunten Rippe ist verdickt und etwas druckschmerzhaft. Der Brustkorb ist gut gewölbt, symmetrisch gebaut. Beide Seiten dehnen sich bei der Atmung annähernd gleichmäßig aus, jedenfalls ist ein deutliches Zurückbleiben einer Seite nicht festzustellen. Die Atmung ist vorwiegend kostal. Die rechte Lunge zeigt bei Perkussion und Auskultation normale Verhältnisse. Die untere Grenze steht vorn in der Mamillarlinie am unteren Rande der siebenten Rippe, hinten am zwölften Brustwirbeldornfortsatz und ist respiratorisch gut verschieblich.

Die linke Lunge zeigt in den oberen Partien normale Verhältnisse, weiter nach unten zu findet sich hinten vom siebenten Brustwirbeldornfortsatz an abwärts eine starke Schallkürzung, die nach der Achselhöhle zu einen stark tympanitischen Beiklang hat und von da nach vorn und unten in die Tympanie des Traubeschen Raumes übergeht; über diesem ganzen Bezirk ist ein im hintern oberen Teil weniger, im unteren und namentlich seitlichen und vorderen Teil stärker abgeschwächtes Vesikuläratmen zu hören. Eine succussio Hippocratis ist nicht nachzuweisen. Die Herzdämpfung ist klein. Ihre Grenzen sind nach rechts Mitte des Brustbeins, nach oben unterer Rand der vierten Rippe, der Spitzenstoß liegt im fünften Zwischenrippenraum, zwei Querfinger innerhalb der Brustwarzenlinie, eben fühlbar. Die Herztöne sind rein, auch die Basistöne ohne besondere Betonungen, der Puls von mittlerer Füllung und Spannung, nicht beschleunigt. Der Blutdruck beträgt 110 mm Hg.

Der Leib ist weich, überall leicht eindrückbar. In der linken oberen Bauchgegend besteht eine leichte diffuse Druckempfindlichkeit. Nirgens Resistenzen. Die Milz ist nicht palpabel, die Leber ist mit ihrem unteren Rande eben am rechten Rippenbogen fühlbar. Die übrigen Organe sind ohne Besonderheiten, der Urin frei von Zucker, Eiweiß und Gallenfarbstoffen. Die Verdauung ist gut, der Stuhlgang regelmäßig, ohne chemisch nachweisbare Blutbeimengungen. Die Untersuchung des Mageninhaltes ergibt freie HCl 9, Gesamtazidität 27, mikoskropisch ohne Besonderheiten.

Da dieser klinische Befund ohne weiteres eine sichere Diagnose nicht erlaubte, wurde eine Röntgenuntersuchung angeschlossen, die folgendes Ergebnis hatte:

Bei der erstmaligen Durchleuchtung des Brustkorbes fand sich im linken unteren Lungenfeld eine auf den ersten Blick als Seropneumothorax imponierende Gasblase mit horizontalem Flüssigkeitsspiegel und scharfer, etwa halbkreisförmiger Begrenzung nach oben. Und zwar füllte diese Gasblase nicht die ganze Tiefe des Thorax aus, sondern lag mehr nach vorn, wie sich aus der Durchleuchtung in den verschiedenen Richtungen, sowie daraus ergab, daß durch sie hindurch noch Lungenzeichnung schwach zu sehen war. Auffällig war nur der tiefe Sitz des Exsudats. Nach Einführen eines Magenschlauchs — der übrigens nicht, wie es von manchen Autoren bevorzugt wird, mit Quecksilber gefüllt zu sein braucht, um einen brauchbaren Kontrastschatten zu geben —, sowie nach Einnehmen von Bariumbrei (Abb. a) konnte nun sehr bald einwandfrei festgestellt werden, daß dies Hohlorgan nicht ein Seropneumothorax, sondern der Magen war. Die eingeführte Sonde tauchte zunächst in die Flüssigkeit ein, knickte bei Tieferstoßen um und erschien nun mit der Spitze in der Gasblase über dem Flüssigkeitsspiegel. Es erhob sich nun die differenzialdiagnostische Schwierigkeit, ob die obere Grenzlinie gegen die Lunge nur die Magenwand allein war, oder ob sie von dieser und dem eventuell darüber befindlichen Zwerchfell gebildet wurde, d. h., ob es sich um eine Hernia oder um eine Eventratio diaphragmatica handelte. In dieser Richtung mußte sich die weitere Röntgenuntersuchung bewegen.

Bei wiederholten Durchleuchtungen konnte nun beobachtet werden, daß diese obere Grenzlinie nicht immer gleich hoch stand, ihre Höhe vielmehr abhängig war von dem jeweiligen Füllungszustand des Magens und daß auch ihre Form wechselte und einen bald stärker, bald schwächer gewölbten Bogen darstellte. Vor allem konnte aber festgestellt werden, daß diese Grenzlinie sich nicht seitlich am Brustkorb ansetzte, sondern von der seitlichen Thoraxwand nach unten und medianwärts überging in den im Röntgenbild (Abb. b) durch Bariumbrei dargestellten unteren Teil der seitlichen Magenwand. Die respiratorischen Bewegungen waren bei den verschiedenen Durchleuchtungen nicht immer gleich. Während einige Male eine Verschiebung überhaupt nicht zu sehen war, konnte andererseits mehrfach eine deutlich erkennbare paradoxe Bewegung festgestellt werden, und zwar am deutlichsten bei leerem Magen und kleiner Magenblase. Bei Anspannung der Bauchpresse war dagegen stets ein deutliches Hörersteigen zu beobachten.

Das Herz war nur wenig nach rechts verdrängt, zeigte im übrigen normale Form und Pulsation. Bei der Untersuchung des Verdauungskanals mit Barium ging der Brei zunächst in normaler Weise in den Magen über, der sich nunmehr als ein länglicher, senkrecht von oben nach unten verlaufender, unten kegelförmig zugespitzter Sack mit dem Pylorus als tiefstem Punkt darstellte. Die Peristaltik war nur schwach, nahe dem Pylorus überhaupt nicht mehr festzustellen. Trotzdem lief der Brei sehr rasch in das Duodenum über (Abb. b), so daß der Magen schon nach etwa einer Stunde bis auf einen kleinen nischenförmigen Rest vollkommen leer war. Nach sechs Stunden befand sich fast der ganze Kontrastbrei im absteigenden Dickdarmteil. Bei gefülltem Magen konnte man, wenn man den Patienten über den ersten schrägen Durchmesser bis fast in die frontale Durchleuchtungsrichtung drehte, erkennen, daß er etwa in der Mitte seiner Hinterseite eine starke Einkerbung zeigte, die dauernd und ganz unabhängig von der Peristaltik bestehen blieb. Über dieser Stelle fand sich später auch der oben erwähnte nischenförmige Rest.

Auf Grund dieses Befundes mußte die Diagnose Hernia diaphragmatica gestellt werden. Schon die Angaben der Vorgeschichte — die nach der Verletzung plötzlich einsetzende Atemnot und die kurz darauf beginnenden Magenbeschwerden, die nunmehr über ein Jahr bestehen, während Patient früher nie an solchen gelitten hatte — erweckten den Verdacht darauf. Die Rekonstruierung des Schußkanals an der Hand der Lage der Ein- und Ausschußöffnung verstärkte diese Vermutung. Denn bei dem tiefen Sitz der Ausschußöffnung mußte das von rechts hinten oben kommende Geschoß zweifellos das linke Zwerchfell durchbohrt haben, und zwar in mehr oder weniger schräger Richtung. Dadurch erklärt sich die aus dem Röntgenbefund sich ergebene ziemlich breite, von vorn nach hinten eingeengte, nahezu quer verlaufende „Bruchpforte". Der klinische Befund brachte eine einwandfreie Klärung nicht. Es konnte durch ihn nur festgestellt werden, daß sich im linken unteren Teil des Thoraxraumes ein gashaltiger Hohlraum befand. Erst die Röntgenuntersuchung ermöglichte die sichere Diagnose. Von größtem Wert dafür war die Feststellung, daß die obere Grenzlinie nur von der Fortsetzung der seitlichen Magenwand gebildet wurde, und daß ein Zwerchfellschatten darüber nicht vorhanden war. Auch die übrigen Einzelheiten des Röntgenbefundes entsprachen dem, was man bei einer Hernia diaphragmatica zu erwarten hatte. Die wechselnde Form und Höhe der oberen Grenzlinie erklären sich aus dem verschieden starken Füllungszustand des Magens nicht nur mit Nahrung, sondern vor allem auch mit Gas. Ihr Verhalten bei der Atmung entsprach nicht ganz dem, wie es von Herz und anderen als für die Zwerchfellhernie typisch beschrieben worden ist, läßt sich aber im Rahmen des gesamten Röntgenbefundes ohne weiteres erklären.

Die paradoxe respiratorische Bewegung, d. h. das Aufsteigen bei Ein-, das Absteigen bei Ausatmung, der durch die Zwerchfellücke in die Brusthöhle ausgetretenen Baucheingeweide ist von zwei Faktoren abhängig. Das Aufsteigen wird einmal hervorgerufen durch die aspiratorische Zugwirkung der sich infolge der Brustkorberweiterung ausdehnenden Lunge. Zweitens wird diese unterstützt durch die inspiratorische Zunahme des intraabdominellen Druckes, der

die Eingeweide nach der Stelle des geringsten Widerstandes, d. h. durch die Zwerchfellücke, ausweichen läßt. Dieser zweite Punkt kam in diesem Falle kaum in Betracht, da ja, wie oben schon erwähnt, die Atmung kostal war, wesentliche Druckschwankungen im Abdomen also nicht stattfanden. Es bleibt daher nur der erste Punkt, die aspiratorische Zugwirkung, übrig. Diese hat aber ihre Grenzen. Sie wird um so kleiner, je höher der Magen steht, und einen je größeren Teil des Brustraumes er einnimmt. Es greifen dann schließlich die gleichen Verhältnisse Platz, wie sie Jamin bei der Eventratio diaphragmatica beschreibt. „Die paradoxe inspiratorische Zwerchfellhebung bleibt in diesen Fällen ganz aus, weil die Lunge schon ad maximum retrahiert ist und die Brustkorberweiterung auf diese fast ohne Einfluß bleibt." Daraus erklärt sich ohne weiteres das oben beschriebene wechselnde Verhalten des Magens bei der Atmung.

Schließlich ist noch die erhöhte Motilität des Magens zu erwähnen, die die oben beschriebenen, dem Falle v. Domarus-Salomon ähnlichen Erscheinungen darbot. Der Verlust der Syphonform des Magens und der infolgedessen bei gefülltem Magen auf dem Pylorus lastende hydrostatische Druck des Chymus (Fr. M. Grödel) im Verein mit der dauernden durch die starke Verziehung des Magens bedingten Anspannung der Magenwand in der Richtung der Längsachse (v. Domarus und Salomon) dürfte die Ursache für die die Hypermotilität hervorrufende Pylorusinsuffizienz sein.

Da Patient nur relativ geringfügige Beschwerden hatte, die überdies durch diätetische Maßnahmen (Vermeidung stark blähender Nahrungsmittel, häufigere kleinere Mahlzeiten statt weniger reichlicher) wesentlich gebessert werden konnten, da ferner der Ernährungszustand sich nicht verschlechterte, so wurde von einem operativen Eingriff Abstand genommen, zumal die Gefährlichkeit der Operation mit ihrer hohen Mortalität in keinem Verhältnis stand zu der Geringfügigkeit der Erscheinungen und zu dem Nutzen, den Patient eventuell davon haben könnte.

Anders lagen die Verhältnisse bei dem zweiten Fall, hier mußte wegen akut einsetzender Einklemmungserscheinungen operiert werden, und so konnte der Röntgenbefund durch die Operation kontrolliert und bestätigt werden.

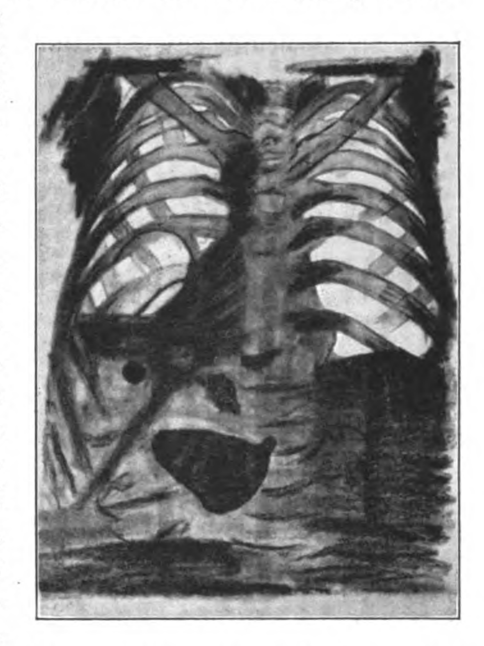
Bei der Schilderung der Vorgeschichte und des klinischen Befundes, sowie auch der Operation sei nur das in diesem Zusammenhange Interessierende mitgeteilt, da der Fall vom chirurgischen Standpunkte aus an anderer Stelle noch ausführlicher besprochen werden soll.

Fall 2. Der 20 jährige Kr., der früher stets gesund, als Sportsmann eifrig tätig war, wurde im September 1915 durch einen Gewehrschuß durch den linken Arm und die linke Brust verletzt. Es stellte sich sofort Atemnot ein, die sich schon nach wenigen Tagen besserte. Kein Husten, kein Erbrechen. Jedoch traten bald danach Magenbeschwerden auf: Schmerzen in der linken Brustseite, ausstrahlend bis zur linken Halsseite, namentlich nach reichlichen Mahlzeiten. Er genoß eine Zeitlang vorwiegend Flüssiges, konnte jedoch schon nach wenigen Wochen wieder zu normaler Kost zurückkehren. Mitte April 1916 erkrankte er plötzlich mit starken Leibschmerzen, hauptsächlich in der Oberbauchgegend, Erbrechen, Stuhl- und Windeverhaltung.

Bei der Lazarettaufnahme fand sich ein diffus aufgetriebener Leib mit mäßig starker Bauchdeckenspannung und Druckempfindlichkeit, hauptsächlich oberhalb des Nabels. Das Herz war etwas nach rechts verlagert. Über den Lungen bestand links hinten unten eine Dämpfung, die nach vorn in Tympanie überging mit weichem fernen Bronchialatmen. In der linken vorderen Axillarlinie etwa drei Querfinger unterhalb der Achselhöhle fand sich eine kleine Narbe (Einschuß). Da der Verdacht auf eine Hernia diaphragmatica bestand, wurde Patient zur Röntgenuntersuchung gebracht, die folgenden Befund ergab Abb. c):

Unterhalb des Schwertfortsatzes ziemlich dicht hinter der vorderen Bauchwand befindet sich ein länglicher, etwas gebogener Projektilschatten. Der unterste Teil des linken Lungenfeldes ist ausgefüllt von einer etwa drei Querfinger breiten, nach unten konvex begrenzten Flüssigkeitszone, die nach oben einen horizontalen Spiegel zeigt. Darüber befindet sich eine längliche, reichlich hühnereigroße scharf abgegrenzte Gasblase, die bei scharfer Abblendung und bei genauer Betrachtung eine geringe aber deutlich wahrnehmbare paradoxe respiratorische Bewegung zeigte. Die erste Vermutung, daß es sich um den prolabierten Magen handelte,

mußte fallen gelassen werden, nachdem eine eingeführte Sonde sowie Bariumbrei die wahre Lage des Magens dargelegt hatte. Eine hiervon gemachte Aufnahme ist mir leider verdorben worden, so daß nur eine nach einer Pause angefertigte Skizze beigefügt werden kann. Weiterhin konnte — nur vom röntgenologischen Standpunkt aus ohne Berücksichtigung des klinischen Befundes — in Frage kommen ein kleiner abgesackter Pneumothorax mit Erguß oder ein in einer Zwerchfellücke eingeklemmtes Stück Darm. Das erstere war auszuschließen, da eine paradoxe respiratorische Bewegung bei einem so kleinen abgesackten Seropneumothorax wohl kaum vorkommt und der klinische Befund mit seinen ileusartigen Erscheinungen durchaus für die letztere Annahme sprach. Die weitere Verfolgung des Bariumsbreis im Darm gab Aufschluß über den Sitz der Einklemmung. Bei einer 15 Stunden später vorgenommenen zweiten Untersuchung war er, d. h. der nicht durch Erbrechen herausbeförderte Rest, nur bis zur Mitte des Querkolons gelangt. Im übrigen war der oben geschilderte Befund noch unverändert.



Auf Grund dieses Untersuchungsergebnisses wurde eine Hernia diaphragmatica mit Einklemmung des Dickdarms in der Gegend der Flexura lienalis angenommen.

Diese Diagnose wurde durch die alsbald vorgenommene Operation (Mar.-Oberstabsarzt Dr. Nobe) bestätigt. Man fand eine partielle Einklemmung des Querkolons kurz vor der linken Flexur. Es bestanden leichte Verwachsungen mit ebenfalls eingeklemmten Netzteilen und mit dem Herzbeutel. Auffällig und auch durch die Operation nicht aufgeklärt war ein im Röntgenbild (Abb. c) sichtbarer zweiter horizontaler Flüssigkeitsspiegel, der sich etwa zwei Hand breit unterhalb des oberen befand. Wahrscheinlich handelte es sich um eine geblähte, mit flüssigem Darminhalt halb gefüllte Dünndarmschlinge — jedenfalls ein Befund, dem eine wesentliche pathologische Bedeutung nicht zukommt. — Patient ist zur Zeit auf dem Wege der Besserung.

Bei diesem zweiten Fall lagen die Verhältnisse viel einfacher wie bei dem ersten. Die Diagnose war leichter, da eindeutige klinische Symptome vorlagen und auch röntgenologisch erhebliche differenzialdiagnostische Schwierigkeiten nicht bestanden. Wertvoll war auch in diesem Falle die paradoxe respiratorische Bewegung. Dies Symptom erscheint demnach unter Berücksichtigung der bei Fall 1 erörterten Einschränkung als ein wesentliches Hilfsmittel zur Erkennung einer Zwerchfellhernie verwertbar zu sein.

Literatur.

1) Wieting-Pascha, Deutsche Zeitschr. f. Chir., B. 134, H. 5/6.
2) v. Domarus und Salomon, Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstrahlen, Bd. 23, H. 4.
3) Königer, Münch. med. Wochenschr. 1909, Nr. 6.
4) Fleiner, ebenda 1916, Nr. 4.
5) Simon, Gynäkolog, Rundsch. 1914, Jahrg. 8, H. 10.
6) Doberauer, Prag. med. Wochenschr. 1914, 11, ref. Münch. med. Wochenschr. 1915, S. 1415.
7) Weihe, Münch. med. Wochenschr. 1915, S. 1690.
8) Monti, Wien. klin. Wochenschr. 1915, Nr. 29.
9) Risel, Münch. med. Wochenschr. 1907, S. 637.
10) Herz, ebenda 1905, Nr. 40.
11) Jamin in Groedels Grundriß der Röntgendiagnostik in der inneren Medizin.

Beiträge zur Kasuistik der Brachydaktylie.

Von

Erich Friedlaender, Abteilungsarzt an der Fürstl. Lippischen Heil- und Pflegeanstalt Lindenhaus bei Lemgo. (Direktor Med.-Rat Dr. Alter.)

(Tafel XVII, Fig. 1—6.)

So reichhaltig unsere Kenntnisse über die verschiedensten Mißbildungen des menschlichen Körpers besonders durch die Forschungen der pathologischen Anatomie und neuerdings der Röntgenologie auch sind, so unklar ist bis heute noch bei den meisten Formen die Frage ihrer Ätiologie. Eine ziemlich seltene, aber um so interessantere Mißbildung ist die Brachydaktylie, d. h. die Verkürzung eines oder mehrerer Finger- oder Zehen-Strahlen in der Längsachse, da wir hier durch die Röntgenstrahlen die Möglichkeit haben, uns am Lebenden aufs genaueste über die anatomischen Verhältnisse der krankhaften Veränderung zu orientieren und auf diesem Wege an der Hand einer größeren Anzahl von Fällen dem Wesen ihrer Ätiologie näher zu kommen.

Eingehend beschrieben und nach allen Richtungen hin durchstudiert wurde diese Mißbildung, abgesehen von kürzeren, im wesentlichen fast nur deskriptiven Mitteilungen, von Machol in seinen Beiträgen zur Kenntnis der „Brachydaktylie“[1]).

Machol bespricht zunächst sechs Fälle seiner eigenen Beobachtung und stellt dann sämtliche übrigen in der Literatur bekannten 32 Fälle zusammen, von denen aber ein großer Teil nicht röntgenologisch untersucht ist, also für eine wissenschaftliche Verwertung ausscheidet. Diese sehr kleine Zahl läßt es verständlich erscheinen, daß Machol am Schlusse seiner Arbeit nähere Aufklärungen erst von experimentellen Arbeiten und vor allem von weiteren röntgenologisch beobachteten Fällen erwartet; aus diesem Grunde seien auch drei Fälle, die ich in letzter Zeit zu beobachten Gelegenheit hatte, und von denen ich zwei auch anamnestisch besonders genau verfolgen konnte, an dieser Stelle veröffentlicht. Da diese Fälle sämtlich zum Teil mit fast photographischer Treue die von Machol ausführlich geschilderten und in ihrer ätiologischen Bedeutung gewerteten Symptome darbieten, kann ich mich darauf beschränken, sie hier an der Hand der Anamnesen und Röntgenbilder zu beschreiben und zu betrachten, inwiefern sie die Macholschen Anschauungen unterstützen, beziehungsweise ergänzen; für ein genaueres Studium der Brachydaktylie bleibt einstweilen die Macholsche Arbeit in ihrer Ausführlichkeit und in ihren geistreichen ätiologischen Schlußfolgerungen unentbehrlich.

Fall 1. Frau T. S., 33 Jahre alt. Vater litt zur Zeit der Geburt an einer schweren Lungentuberkulose mit Hämoptoe, die später ausgeheilt ist. Sonst sind in der Familie keine Krankheiten, insbesondere keine Mißbildungen beobachtet worden; die Eltern und die Geschwister des Vaters, Mutter ist einziges Kind, sind von mir selbst daraufhin untersucht worden. Frau S. selbst ist stets gesund gewesen, sie ist 1,72 m groß und sehr kräftig gebaut. Die Mutter, welche ihre Kinder stets sehr genau beobachtet hat, gibt mit voller Bestimmtheit an, daß bei ihrer Tochter von Geburt an der dritte und fünfte Finger an beiden Händen abnorm kurz gewesen seien; besonders auffallend sei stets die Verkürzung der beiden Mittelfinger gewesen, deren Kuppe hinter den Kuppen des Zeige- und Goldfingers bedeutend zurückblieb, aber auch die Verkürzung der kleinen Finger sei von Anfang an sehr deutlich gewesen.

Die in dorsovalarer Richtung aufgenommenen Röntgenbilder (Tafel XVII, Fig. 1 u. 2) zeigen eine starke Verkürzung der beiden dritten und fünften Metakarpen, welche an beiden Händen vollkommen symmetrisch ist. Die Basis der Knochen zeigt keine Abweichung gegen die der

[1]) Mitteilungen aus den Grenzgebieten der Medizin und Chirurgie, 3. Supplementband. Gedenkband für J. von Mikulicz 1907.

übrigen Metakarpen, der Schaft ist stark verkürzt, die Spongiosa ist viel heller als die der anderen Knochen, zeigt ein viel feineres Gerüst und ist wesentlich breiter, was auf Kosten einer sehr schmalen, schwach ausgebildeten Kortikalis geht, welche auch einen schwächeren Schatten gibt, als die Kortikalis der anderen Metakarpen. Am auffallendsten sind die Köpfchen; sie sind nicht so schön oval gerundet wie ihre Genossen, sondern mehr plattgedrückt und sitzen dem Schaft flach auf, wie der Kopf eines Pilzes, was zusammen mit der Verkürzung des Schaftes dem Knochen ein viel plumperes Aussehen verleiht. Die Phalangen sind völlig normal, ebenso zeigt das Skelett der Füße im Röntgenbilde keine Sonderheiten.

Die beiden Töchter der Frau S. haben keine Mißbildung an Händen oder Füßen aufzuweisen.

Fall 2. Frau E. F., 32 Jahre alt, die einzige Schwester von Frau T. S., war als Kind angeblich schwächlich, aber nie ernstlich krank; ist 1,70 m groß, grazil gebaut, aber gut entwickelt. Bei ihr beobachtete die Mutter von Jugend an dieselbe symmetrische Verkürzung der kleinen Finger, wie bei ihrer ältesten Tochter, während die Mittelfinger stets normale Länge hatten.

Die Röntgenbilder (Tafel XVII, Fig. 3 u. 4) zeigen, abgesehen davon, daß die Knochen im ganzen schlanker und graziler sind, wie bei Frau S., die völlig gleiche Bildung der 5. Metakarpen, wie im vorigen Falle, nur mit dem Unterschiede, daß die Verkürzung nicht ganz so hochgradig ist, und die Knochen, da sie schon an sich graziler gebaut sind, nicht ganz so plump wirken, wie im ersten Falle; im übrigen haben wir aber wieder die normale Basis, den verkürzten Schaft, die helle Spongiosa, die schmale Kortikalis und das plattgedrückte Köpfchen. Die Metakarpen der Mittelfinger zeigen im Gegensatze zu denen der älteren Schwester keine Sonderheiten; ebenso zeigt das Fußskelett im Röntgenbilde ein vollständig normales Verhalten. Auch die Tochter der Frau F. zeigt an keiner Extremität irgendeine Mißbildung.

Fall 3. K. M., 17jähriger Arbeiter, von dem alle anamnestischen Daten fehlen, da ich leider nur ganz flüchtig Gelegenheit hatte, ihn zu sehen und zu röntgen. Die rechte Hand des jungen Mannes fiel sofort durch ausgesprochene Schwimmhautbildung und Verkürzung des 2.—5. Fingers auf, während die linke völlig wohlgebildet erschien.

Das Röntgenbild (Tafel XVII, Fig. 5 u. 6) bestätigt uns auch, daß das Skelett der linken Hand keine Sonderheiten aufweist, insbesondere fallen die dem Alter entsprechend noch deutlich sichtbaren Epiphysenfugen auf. An der rechten Hand fallen sofort sämtliche Metakarpen, Grund- und Endphalangen durch ihren grazilen Bau auf; sie sind bedeutend schlanker und auch etwas kürzer als die der linken Hand; im übrigen zeigen sie keine Abweichung von der Norm, auch hier sind die Epiphysenfugen noch deutlich erkennbar. Sehr merkwürdig sind nun die Mittelphalangen des 2.—5. Fingers, oder vielmehr die Rudimente derselben, die noch vorhanden sind. Während bei Nr. 2 die Länge wenigstens noch um ein Geringes die Breite überwiegt, ist Nr. 3 bereits ein fast kubisches Gebilde und Nr. 4 und in noch höherem Grade Nr. 5 bleiben gar in ihrer Länge hinter der Breite zurück und imponieren eigentlich nur noch als Knochenscheiben.

Diese Gebilde zeigen auch keinerlei Andeutung mehr von Schaft und Epiphysen, auch die Kortikalis fehlt vollständig, sie bestehen lediglich aus Spongiosasubstanz. Ihnen fällt der Löwenanteil an der Längenverkürzung der Finger zu, wenn natürlich auch in geringem Grade die grazile Entwicklung der übrigen Knochen dazu beiträgt.

Um etwaigen Irrtümern vorzubeugen, möchte ich ausdrücklich bemerken, daß es sich in allen drei Fällen um geistesgesunde Personen handelt, welche ich zufällig zu beobachten Gelegenheit hatte.

Alle diese drei Fälle haben eine gemeinsame Eigenschaft: sie sind sämtlich angeboren, nicht erworben, auch bei Fall 3 ist es mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit anzunehmen, während wir es bei den ersten beiden Fällen mit absoluter Sicherheit behaupten können.

Schon Machol macht darauf aufmerksam, daß wir unter sämtlichen bisher in der Literatur beschriebenen Fällen zwei Gruppen unterscheiden müssen, nämlich die angeborenen und die erworbenen.

Zweifellos bestand bei vielen Fällen die Verkürzung nicht von Geburt an, denn wir finden häufig in der Anamnese außer der Angabe der Eltern, daß die Verkürzung erst zu einem bestimmten Zeitpunkte entstanden sei, die natürlich nicht immer zuverlässig ist, Mitteilungen über vorausgegangene postfötale Erkrankungen der Knochen oder Nerven, wie Osteomyelitis, Tuberkulose, Peronaeus-Lähmung u. a., ja einzelne Fälle zeigten noch deutliche Residuen dieser Erkrankungen. Ich möchte noch einen Schritt weitergehen, wie Machol, und diese Fälle aus dem Krankheitsbilde der Brachydaktylie ganz herausheben, da wir unter Brachydaktylie ja eine Mißbildung verstehen und dieser Begriff sich nie mit dem einer post partum erworbenen Eigenschaft deckt! In manchen Fällen wird es ja unmöglich sein, mit Sicherheit festzustellen, ob das Leiden angeboren oder erst post partum entstanden ist; jedenfalls möchte ich aber vorschlagen, die Fälle, in denen wir mit großer Wahrscheinlichkeit die Kongenitalität ausschließen können, besonders wenn sie noch die Residuen einer postfötalen Erkrankung aufweisen, als „erworbene Brachydaktylie" scharf von der echten „angeborenen Brachydaktylie" zu trennen, wie das ja z. B. auch beim Klumpfuß geschieht! Wenn auch die Zahl der „echten" Fälle dadurch noch wesentlich kleiner werden wird, als sie es an sich schon ist, so werden wir auf diese Weise doch ein reineres Bild dieser merkwürdigen Mißbildung erhalten, welches uns in seiner ätiologischen Deutung und — wenn einst eine größere Anzahl von Fällen bekannt sein wird! — statistischen Verwertbarkeit wesentlich wertvoller ist, da postfötale Reize stets unter ganz anderen Bedingungen wirksam sind, als intrauterine, und wohl ähnliche Effekte hervorbringen können, aber in ätiologischer Beziehung doch nur den Wert etwa eines Experiments für uns haben; von diesem Gesichtspunkte aus betrachtet, können sie uns natürlich wertvolle Anhaltspunkte zur Beurteilung des Wesens der angeborenen Fälle geben, und Machol hat das ja auch in umfassender Weise benutzt, seine Hypothese von der trophoneurotischen Ätiologie der Brachydaktylie zu begründen.

Es würde den Rahmen dieser kasuistischen Betrachtung weit überschreiten, wenn ich über die Untersuchungen Machols und seiner Vorgänger hier ausführlich berichten wollte. Es sei nur kurz darauf hingewiesen, daß vor Machol, allerdings stets nur an der Hand vereinzelter Fälle, die verschiedensten Theorien aufgestellt wurden; so nimmt Goldmann eine rein endogene Hemmung der normalen Entwicklung an, deren Ursachen er freilich nicht anzugeben weiß, während W. Kümmel die Mißbildung auf exogenem Wege durch eine rein mechanische Raumbeschränkung erklären will; dies die beiden hauptsächlichsten Theorien, die gesamte Literatur ist ausführlich bei Machol zusammengestellt, hat aber jetzt nur noch im wesentlichen historisches Interesse. Es ist nun Machols Verdienst, sämtliche bisher bekannten Fälle gesammelt und mit seinen sechs eigenen Beobachtungen zusammen einer eingehenden Durchforschung unterzogen zu haben. Er kommt zu dem Ergebnis, daß sämtlichen röntgenologisch untersuchten Fällen eine Reihe von auffallenden Symptomen, welche hier kurz aufgeführt seien, gemeinsam ist.

1. Die Verkürzung des Schaftes, welcher aus einer im Röntgenbilde helleren, kalkärmeren Spongiosa und einer dünneren Kortikalis besteht, als die anderen Knochen.

2. Ein plattgedrücktes Kapitulum, welches dem Schaft ohne jeden Übergang aufsitzt, während der Basalteil nie von der Norm abweicht.

3. Eine bereits verknöcherte Epiphysenfuge bei noch offenen Fugen der nicht betroffenen Knochen in allen Fällen, welche in dem entsprechend jugendlichen Alter zur Beobachtung kamen.

Wie Machol nun überzeugend nachweist, finden wir genau denselben Symptomenkomplex post partum verursacht als sogenannte neurotische Knochenatrophie infolge cerebraler und spinaler Erkrankungen; er kommt daher in zwangloser Weise zu dem einleuchtenden Schluß, daß

„die absolute Wesensgleichheit der postfötal erworbenen Brachydaktylie mit den kongenitalen Fällen vermuten lasse, daß trophische Störungen diverser Art, entfernt vom Sitze der Affektion, als letzte Ursachen anzuschuldigen seien."

Wie fügen sich nun unsere vorliegenden drei Fälle diesem Gedankengange ein? Daß sie alle drei nach Befund und Anamnese als kongenital anzusprechen sind, wurde schon betont; bei Fall 1 und 2 kann dies mit absoluter Sicherheit ausgesprochen werden, denn abgesehen von der in diesen Fällen zuverlässigen Anamnese kann es als ausgeschlossen betrachtet werden, daß etwa eine postfötale lokale Erkrankung oder Verletzung an beiden Händen völlig symmetrische Verkürzungen herbeigeführt haben soll und noch dazu, daß dies bei zwei Schwestern der Fall gewesen sei! Auch gegen eine spinale postfötale Erkrankung, welche der aufmerksamen Mutter sicher nicht entgangen wäre, spricht außerdem das vollständig normale Verhalten der in Betracht kommenden Nerven, Muskeln und Haut, die doch zum mindesten geringe Residuen einer solchen Erkrankung aufweisen müßten!

Nicht ganz so klar liegen die Verhältnisse bei Fall 3, schon weil wir als einzige anamnestische Angabe die Mitteilung eines 17jährigen, keinen besonders intelligenten Eindruck machenden Arbeiters haben, daß seine Hand schon immer so klein gewesen sei; trotzdem wird man aber auch hier aus dem Fehlen aller Anzeichen für eine ehemalige entzündliche Erkrankung oder Verletzung und aus der sicher als kongenital anzusprechenden Schwimmhautbildung mit großer Wahrscheinlichkeit auf eine angeborene Mißbildung schließen können. Auch im übrigen ist die ätiologische Deutung dieses Falles nicht so einfach, da die Verkümmerung der betreffenden Phalangen eben eine so große ist, daß man aus diesen Rudimenten gar nichts über die ehemaligen Verhältnisse von Epiphyse und Diaphyse ersehen kann! Wollten wir auch auf diesen Fall die trophoneurotische Ätiologie Machols anwenden, so könnten wir uns den Verlauf nur so vorstellen, daß der neurotische Reiz die Epyphyse bereits zu einem so frühen Zeitpunkte geschädigt haben muß, daß es überhaupt zu keiner Diaphysenbildung kommen konnte; andererseits spricht dagegen, daß an den Grundphalangen und Metakarpen die Epiphysen nicht im geringsten geschädigt sind, die Fugen sind an ihnen eher noch etwas deutlicher und weiter, als an den entsprechenden Knochen der anderen Hand; und trotzdem zeigen auch diese Knochen eine wenn auch nicht erhebliche, so doch deutliche Verkürzung im Vergleich mit denen der linken!

Dieser Fall läßt sich am zwanglosesten durch eine mechanische Ursache einer einfachen Raumbeschränkung im Sinne Kümmels erklären. Dafür spricht außer der Hochgradigkeit und Einseitigkeit der Verkürzung auch die Schwimmhautbildung, welche ja auch eine Hemmungsmißbildung ist! Wenn wir auch für die große Mehrzahl der kongenitalen Fälle die Macholsche Erklärung als die am besten begründete und die einleuchtendste annehmen wollen, so braucht damit nun nicht gesagt zu sein, daß sämtliche Fälle auf derselben Grundlage entstanden sein müssen! Die Fälle, in denen die Deformität eine erhebliche ist, nur einseitig oder zum mindesten nicht symmetrisch vorkommt und besonders wenn sie noch mit einer anderen Hemmungsmißbildung vergesellschaftet ist und sich intakte Epiphysenfugen nachweisen lassen, müssen meines Erachtens von den auf trophoneurotischer Basis entstandenen getrennt werden und sind den durch rein mechanische Raumbeschränkung entstandenen Hemmungsmißbildungen zuzurechnen.

Im Gegensatz zu diesem eben besprochenen Fall können die ersten beiden Fälle fast als Schulfälle für die Macholsche Theorie gelten. Hier kann man mit Bestimmtheit sagen, daß eine mechanische Ursache sicher auszuschließen ist. Denn wie sollte eine solche Ursache wohl gerade streng symmetrisch dieselben Metakarpen der beiden Hände getroffen haben, ohne auch auf die dazwischen liegenden übrigen Knochen einzuwirken? Andererseits erfüllen diese Fälle, wie aus ihrer Beschreibung zu ersehen ist, mit ziemlichster Genauigkeit die Bedingungen, welche Machol als Grundlage seiner Hypothese angenommen hat! In der Tat ist eine Knochenatrophie durch Schädigung der Epiphyse auf neurotischer Basis der einzige Weg, auf dem sich

diese beiden Fälle zwanglos erklären lassen! Wenn wir auch das Verhalten der Epiphysenfuge wegen des vorgerückten Alters leider nicht mehr beobachten konnten, so läßt doch die charakteristische Form des Köpfchens mit großer Sicherheit darauf schließen, daß die krankhafte Veränderung dort, an der Epiphyse, ihren Ausgang genommen hat. Nur in einem Punkte weichen diese Fälle von den Macholschen ab; es handelt sich nämlich nicht um kleine Personen, sondern im Gegenteil um über durchschnittsgroße Frauen, von denen die ältere, mit der erheblicheren Mißbildung behaftete, sogar recht róbust gebaut ist, was wohl dafür spricht, daß es sich hier um die Einwirkung lokal ganz streng begrenzter Reize handeln muß, die eben nur die betreffenden Epiphysen und sonst kein anderes Gewebe erreichen konnten! Interessant sind diese beiden Fälle noch durch ihr Auftreten bei zwei innerhalb von $1^1/_2$ Jahren geborenen Schwestern, ohne daß sich weder in der Aszendenz, noch in der Deszendenz eine ähnliche Mißbildung nachweisen läßt; der schädigende Reiz muß bei der älteren Schwester entweder ein stärkerer, oder auf einer früheren Entwickelungsstufe einsetzender gewesen sein, daß er hier je zwei Metakarpen betroffen hat und bei der jüngeren Schwester nur je einen. Oder aber die Schädigung traf im ersten Falle eine etwas andere ungünstiger lokalisierte Stelle, von welcher aus zwei Epiphysen zugleich auf neurotischer Basis alteriert werden konnten; als sicher kann man bei diesen streng symmetrischen Fällen nur annehmen, daß die Schädigung spinaler und keinesfalls cerebraler oder peripherer Natur war. Alles übrige sind reine Hypothesen und werden es wohl vorläufig auch bleiben, ebenso wie die Frage des eigentlichen „warum" ja noch völlig in Dunkel gehüllt ist! Der schädigende Prozeß, von dem wir ja noch nicht einmal wissen, welcher Art er ist, ob bakterieller oder chemischer, oder gar mechanischer (im Fall 1 und 2 vielleicht die Tuberkulose des Vaters?) kann seinen Ursprung sowohl in einer fötalen Erkrankung, in dem plazentaren Stoffwechsel und auch schließlich in den elterlichen Keimen haben! In den Fällen von gleichzeitigem Auftreten bei mehreren Geschwistern kann man wohl eine fötale Erkrankung ausschließen und muß auf die Eltern als gemeinsame Ursache zurückgreifen. Um auch der Lösung dieser noch sehr dunklen Fragen näher zu kommen, muß erst noch eine viel größere Anzahl von Fällen, mit recht genauen Beobachtungen (möglichst Röntgenbildern!) und besonders mit guten Anamnesen gesammelt werden, und jeder neue kasuistische Beitrag kann uns zur weiteren Aufklärung wertvolle Dienste leisten!

Zusammenfassung.

Die Brachydaktylie kann sowohl als angeborene Mißbildung, wie auch als postfötal erworbene krankhafte Veränderung auftreten.

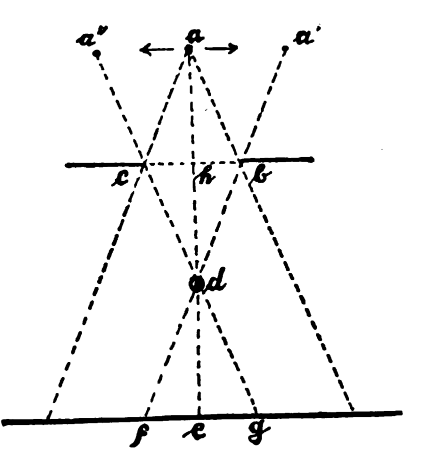
Für die angeborenen Fälle trifft zum größten Teil die Macholsche Theorie von der neurotischen Knochenatrophie als ätiologischer Grundlage zu, und zwar können wir die symmetrischen Mißbildungen, welche sicher spinal bedingt sind, von den asymmetrischen, welche höchstwahrscheinlich auf cerebraler oder peripherer Schädigung beruhen, unterscheiden. Ein kleiner Teil der angeborenen Fälle, in dem es sich um hochgradige einseitige Verkümmerungen handelt, ist aber höchstwahrscheinlich von den übrigen Formen zu trennen und in das Gebiet der Hemmungsmißbildungen zu verweisen.

Durchleuchtungslokalisation mittels der Blendenränder.

Aus dem Röntgenlaboratorium der Elektrizitätsgesellschaft „**Sanitas**“ Berlin.

Prof. Holzknecht und Ing. Sommer geben eine einfache Methode an (Münchn. Mediz. Wochenschr. Nr. 14, 1916), um mit Hilfe der Blendenränder die Lokalisation eines Fremdkörpers am Durchleuchtungsschirm schnell vorzunehmen, wobei die Anfertigung eines besonderen Tiefenmaßstabes erforderlich ist. Wir haben diese Methode noch dahin vereinfacht, daß unter Erfüllung einer bestimmten Bedingung die Anfertigung eines besonderen Maßstabes entbehrlich ist und somit die Tiefenlage des Fremdkörpers direkt in Zentimeter am Durchleuchtungsschirm abzulesen ist. Das Prinzip ist folgendes:

In der Figur sei a der Fokus der Röhre, b und c die Blendenränder, die den Röntgenstrahlenkegel acb begrenzen und d der Fremdkörper, dessen Tiefenlage de ermittelt werden soll. Denken wir uns vom Punkte d je eine Parallele zu den Seiten ab und ac bis zum Schnittpunkt der Schirmebene gezogen, so entsteht das Dreieck dfg, welches dem Dreieck acb ähnlich ist, wenn die Schirmebene feg der Blendenebene chb parallel gestellt wird. ah und de sind die Höhen dieser beiden Dreiecke.



Es besteht dann die geometrische Beziehung:

$$\frac{de}{fg} = \frac{ah}{cb} \text{ oder } de = fg \cdot \frac{ah}{cb}.$$

Macht man $ah = cb$, was ohne weiteres auszuführen ist, so ergibt sich $de = fg$, d. h. die gesuchte Tiefe des Fremdkörpers (de) senkrecht zur Schirmebene kann direkt am Durchleuchtungsschirm in Zentimeter abgelesen werden.

Bei der praktischen Ausführung verfährt man zunächst genau so, wie es Holzknecht und Sommer angegeben haben: Man stellt die Röhre im Blendenkasten so ein, daß der senkrechte Abstand der Antikathode von der Blendenebene (ah) gleich der größten Blendenöffnung (cb) ist. Wir erblicken am Schirm den Fremdkörper, verengen die Blende maximal, bringen den Schatten in die Mitte des Blendenfeldes und notieren diesen Punkt (e) mit Hilfe eines Farbstiftes hinter dem Schirm auf der Haut. Das ist der Fußpunkt. Wir erweitern die Blende maximal und verschieben nun Blende und Röhre parallel zur Schirmebene. Der Fremdkörper nähert sich mehr und mehr dem Blendenrand, um hinter ihm zu verschwinden. Wenn er zur Hälfte verschwunden ist (Stellung des Fokus in a'), machen wir halt und notieren diesen Punkt f am Schirm mit dem Farbstift. Nun wird die Röhre und Blende nach der entgegengesetzten Richtung ebensoweit verschoben (Stellung des Fokus in a'') und ein zweites Zeichen g am Schirm gemacht. Die Entfernung fg, d. h. die gesuchte Tiefe senkrecht zur Schirmebene wird bei dieser Anordnung nicht mehr wie bei Holzknecht und Sommer an einem besonderen Maßstab, sondern an einem gewöhnlichen Zentimetermaßstab abgelesen.

Anwendbarkeit. Die Methode ist, wie Holzknecht und Sommer angeben, für alle auf Platte oder Schirm nachgewiesenen und am Schirm sichtbaren Fremdkörper anwendbar, also für $90\,^0/_0$ aller in Betracht kommenden Fälle. Das Verfahren ist bei vorhandenen Durchleuchtungseinrichtungen durchführbar,

a) wenn die Fokus-Blendendistanz verschiebbar ist und gleich der größten Blendenöffnung gemacht werden kann,

b) wenn die Fokus-Blendendistanz nicht verstellbar ist, so wird entweder die Blendenöffnung dieser gleich gemacht, oder man berechnet den Koeffizienten $\frac{ah}{cb}$ (siehe Figur) und multipliziert mit demselben den gemessenen Abstand fg.

Bei Neueinrichtungen ist eine Vorrichtung dazu leicht anzubringen.

Mit Hilfe dieser Modifikation ist die Herstellung eines besonderen Maßstabes, wie es Holzknecht und Sommer verlangt, entbehrlich und die Messung der Tiefe kann in der kürzesten Zeit ohne irgendwelchen Hilfsapparat mit der besonders dazu eingerichteten Blende vorgenommen werden. Die Anwendung verlangt bloß ein Hin- und Herschieben der Röhre und die Aufzeichnung von zwei Strichen am Schirm.

Beugungsähnliche Lichtstreifen an den Schattenrändern einfacher Röntgenaufnahmen.

Von

Prof. Dr. **Alban Köhler**, Wiesbaden.

(Hierzu Tafel XIV.)

In Kürze sei eine Erscheinung hier gezeigt und geschildert, die Verfasser an einigen Röntgennegativen jüngst zu beobachten Gelegenheit hatte, und von der in dieser Form bisher weder in der medizinisch-röntgenologischen noch in der physikalisch-röntgenologischen Literatur etwas erwähnt zu sein scheint.

Eine einigermaßen zutreffende Aufklärung über Ursache und Wesen dieser äußerst auffallenden Erscheinung vermag ich zunächst nicht zu geben, kann auch als aktive Sanitätsperson während Kriegsdauer die Zeit nicht finden, eingehende systematische Untersuchungen auszuführen, ganz abgesehen davon, daß solche jedenfalls nur unter Mitarbeit eines Photophysikers oder Photochemikers erfolgversprechend sein dürften. Es muß deshalb zunächst eine einfache vorläufige Mitteilung genügen.

Es handelt sich (s. Tafel XIV, Figg. 1—4) um schmale und ziemlich scharfe Lichtstreifen am Schattenrande röntgenographierter Körperteile, und zwar verlaufen diese Lichtstreifen anscheinend nicht außen, sondern innen entlang der Schattengrenze, also innerhalb des geometrischen Schattenbezirks. Die Lichtstreifen selbst scheinen nach außen schärfer begrenzt als nach innen. Ihre Breite beträgt etwa einen zehntel bis zwei ganze Millimeter. Es handelt sich keinesfalls um relative Lichtstreifen, die nur heller sind als der an ihrer Stelle zu erwartende Schatten, auch nicht um volle Lichtstreifen von der Helligkeit der außerhalb des Objektes ungehemmt aufgetroffenen Röntgenstrahlung, sondern um ganz bedeutend intensivere Lichtstreifen. Das ist das Auffälligste und Wesentliche. Um sie auch in der Wiedergabe deutlich vor Augen zu führen, mußten die betreffenden Bilder selbstverständlich maximal überkopiert werden. Man kann die Erscheinung daher einstweilen, solange wir noch nicht die sichere Ursache kennen, als Überlicht-Randstreifen bezeichnen.

Die Bilder, auf denen die Erscheinung am markantesten ist, sind Hand-, Fuß- und Vorderarmaufnahmen. Das ist sicher nur Zufall. — Daß Haut und Unterhautfett bedeutend durchlässiger für Röntgenstrahlen sind als die darunterliegenden Muskeln, und deshalb Extremitätenaufnahmen hellere Schattenränder ohnedies aufweisen, weiß jeder Röntgenologe; es handelt sich dabei aber immer um relative Helligkeiten, die mit dem Wesen des fraglichen Phänomens nichts zu tun und übrigens eine Breite von durchschnittlich 4—5 Millimeter haben. Daß unsere Überlicht-Randstreifen von der relativen Haut- und Fettschicht-Aufhellung streng zu trennen sind, ergibt sich mit Sicherheit außerdem daraus, daß sie auch auf einer Vorderarmaufnahme mit Wundverband am Rande der Pappschiene zu sehen waren. — Bekannt ist ferner,

daß bei Anhäufung größerer Luftmengen im menschlichen Körper, z. B. bei der Magenblase, bei Darmgasen, bei Emphysem, bei Pneumothorax usw. der Schatten der in der Strahlenrichtung darüber und darunterliegenden Weichteile und Knochen (z. B. bei der Darmbeinschaufel) derart aufgehellt wird, als wenn letztere kaum vorhanden wären. Im günstigsten Falle aber erreicht diese Aufhellung knapp die Helligkeit der ungehemmt bestrahlten Partien der photographischen Platte außerhalb des Körpers. Überlichter kommen dabei wohl nicht zu stande.

Der Gedanke liegt nahe, die fraglichen Randstreifen seien vielleicht auf jeder Röntgenaufnahme vorhanden, kämen aber, da die Platten immer bis zur völligen Schwärzung der ungehemmt bestrahlten Umgebung entwickelt zu werden pflegen, bloß nicht zur Beobachtung. Das trifft nicht ganz zu, wie jeder sich durch Überkopieren oder durch Halten seiner Platten gegen die Sonne oder andere intensive Lichtquellen überzeugen kann. — Ferner könnte jemand behaupten, man sähe eigentlich diese Randstreifen auf jeder nicht zur vollen Schwärzung des Hintergrundes entwickelten Platte. Auch das soll nicht unbedingt bestritten werden, aber jedenfalls ist die Erscheinung sonst so minimal, daß sie bisher noch niemandem aufgefallen ist. Und auch da könnte, wenn Verfassers einwandfreie Bilder noch nicht vorlägen, von irgend jemand eingewendet werden, es handele sich dabei um gar keine physikalisches, objektives Phänomen auf der photographischen Platte, sondern um eine optische Täuschung, um Kontrastwirkung, also um eine rein sinnesphysiologische Erscheinung.

Daß die Überlicht-Randstreifen nicht in unmittelbar ursächlicher Beziehung zu den jedem Röntgenologen bekannten diffusen Sekundärstrahlenschleiern der Objekte stehen, dafür spricht die große Schärfe der Lichtstreifen, zumal in Berücksichtigung der Tatsache, daß der von den tangierenden Röntgenstrahlen getroffene Hautrand der Extremitäten 3—6 cm, also weitab von der Platte sich befunden hat. Übrigens zeigt sich an den Platten, daß die betreffenden Lichtstreifen da schmäler werden, wo der von den tangierenden Strahlen getroffene Hautrand näher der Platte sich befand und umgekehrt (s. Figg. 1—4, Tafel XIV).

Photographisch-chemische Ursachen wie etwa Irradiation, Solarisation, Lichthöfe, Effekte usw. scheinen mir aus vielen Gründen, deren Ausführung hier erlassen sei, nicht in Betracht zu kommen.

Wenn auch durch v. Laue, Friedrich und Knipping die Beugung der Röntgenstrahlen vor vier Jahren nachgewiesen worden ist, so geht es doch nicht an, die groben Lichterscheinungen auf den Tafel XIV wiedergegebenen Bildern gleich auf Beugung zurückführen zu wollen. Aber man muß zugeben, daß sie an die Beugungserscheinungen optischer Lichtstrahlen, wie sie am Rand undurchsichtiger Körper auftreten, sehr stark erinnern.

Im nachfolgenden sei geschildert, wie die Bilder gewonnen worden sind, da es zurzeit nicht gelingt, die Erscheinung mit Absicht deutlich hervorzubringen. Bei der Unkenntnis der Ursachen seien der Erinnerung nach alle Momente aufgezählt, die möglicherweise in Betracht kommen können, und deshalb um Nachsicht gebeten, wenn auch scheinbar ganz belanglose Angaben gemacht werden:

Verfasser besitzt zurzeit etwa ein Dutzend Platten, von denen etwa sechs das Phänomen klar und deutlich darbieten, während die andere Hälfte es auch sicher aber weniger ausgesprochen zeigt. (Vielleicht sind in den hiesigen Teillazaretten noch etwa ebensoviel Platten vorhanden, die ich anfertigte und die dort aufbewahrt werden.) Alle waren hinsichtlich Kontrastreichtums keine guten Aufnahmen, sondern sie waren viel zu flau ausgefallen, obgleich ich glaubte, die richtige Röhrenhärte gewählt zu haben. Das Röhrenexemplar war eine Wasserkühlröhre mit Platinspiegel, Kugeldurchmesser 20 cm; der Brennfleck, den man jetzt gut an der Mattierung des Spiegels erkennen kann, ist oval und zwar 1 cm breit und 1,5 cm lang. Die Röhre war, als sie die betreffenden Bilder hervorbrachte, noch neu und wurde infolgedessen damals nur zu Extremitätenaufnahmen benutzt. Ich erinnere mich nicht, daß sie später, im Stadium der Reife, auch solche Bilder gegeben hätte. Jetzt ist sie zerbrochen, ich kann infolgedessen keine Versuche damit anstellen. Jch besitze aber noch die Metallteile der Antikathode

und werde die Fabrik beauftragen, die Antikathode in eine neuzufertigende Röhre einzusetzen. Möglich ist aber, daß die Ursache der Erscheinung eher an der Neuheit des Platinspiegels, an seinem noch ungetrübten Glanze gelegen hat. Darum fürchte ich, daß die neu angefertigte Röhre mit dem erwähnten, jetzt bereits anmattierten Brennfleck die gewünschten Überlicht-Randstreifen nicht mehr veranlassen wird. Dafür läßt sich andererseits hoffen, daß überhaupt mit neuen Röhren, gleich welcher Art, die fraglichen Streifen sich erzielen lassen, zunächst natürlich noch mit mehr oder weniger Zufall. Jeder Röntgenolog kennt die Unzuverlässigkeit neuer Röhren und weiß, wie leicht er sich durch das Aussehen der in Gang befindlichen Röhre oder das Milliampèremeter (bei gleichbleibender Stellung des Rheostaten) über den Härtegrad der Röhre täuschen kann; und mit Benoist, Christen, Wehnelt oder Bauer prüft man bei den Aufnahmen der täglichen Praxis nicht, das wäre in der ärztlichen Praxis zu umständlich. So hatte sich Verfasser auch bei den Aufnahmen, die die rätselhaften Lichtstreifen zeigen, getäuscht. Nach Aussehen der Röhre und Angabe des Milliampèremeters bei bestimmten Kontakt wurde angenommen, daß die Röhre die richtige Weichheit für die betreffenden Extremitätenaufnahmen habe, nach Entwickeln der betreffenden Platten aber zeigte sich, daß die Röhre viel zu hart gewesen war, etwa so hart, wie sie für die Beckenaufnahme eines Erwachsenen gepaßt hätte. — Vielleicht begünstigte auch ein relativ großer Brennfleck die Deutlichkeit der Erscheinung.

Die Aufnahmen wurden mit einem Hochspannungsgleichrichter-Instrumentarium angefertigt. Abstand des Fokus von der Platte etwa 35—45 cm. Eine Abblendung war nicht angewandt worden, da es sich ja um dünnste Körperteile handelte. Die Platten waren einfache Schleußner- oder Matterplatten oder beiden Fabrikates. Die Platten waren in doppeltes, dunkles Papier eingeschlagen. Die Schichtseite der Platten lag dem Objekt zugekehrt. Verstärkungsschirme waren nicht angewandt worden. Die Unterlage bestand aus einem etwa 2 cm dicken Paket alter gebrauchter Platten. Die Entwicklung geschah mit Glyzin, die Fixierung mit gewöhnlichem Fixiernatron. (Es sind dies alles Momente, die genau so bei vielen Tausend anderen Aufnahmen Verfassers obwalteten, ohne daß sich das fragliche Phänomen mit solcher Deutlichkeit gezeigt hätte.)

Wiesbaden, 15. Juni 1916.

Erklärung zu der Tafel XIV:

Fig. 1. Unterarmaufnahme seitlich. (Der weiße Pfeil hat nichts mit dem zu zeigenden Phänomen zu tun.) Man beachte also die schmalen Lichtstreifen an den beiden Schattengrenzen des Armes. (Die Streifen sind also auf den Abbildungen weiß, auf den Originalnegativen schwarz.)

Fig. 2. Unterarmaufnahme. Hier gilt das gleiche wie bei Fig. 1.

Fig. 3. Fußaufnahme seitlich. Heller Lichtstreifen an der Schattengrenze.

Fig. 4. Unterarm-Handwurzel-Aufnahme kleinfinger seitlich. Helle Lichtstreifen an beiden Schattengrenzen des Objektes. Verbreiterung der Streifen mit zunehmendem Randabstand des Objektes.

Fig. 5. Vergrößerung der Mitte der rechten Hälfte des Bildes 4.

Fig. 6. Vergrößerung einer Randpartie aus dem rechten oberen Viertel des Bildes 2.

Fig. 7. Desgleichen wie Fig. 6, links oben.

Fig. 8. Der Schatten des Metalldrahtes, den Fig. 1 zeigt, um etwa das Fünffache vergrößert. Auch dieser Schatten zeigt, wie man an Fig. 1 eben gerade (event. mit Lupe) erkennen kann, Randstreifen von äußerster Helle. Der Draht hat etwa 3 mm von der Platte abgestanden. Das Phänomen ist vielleicht das gleiche wie auf den Extremitätenaufnahmen oder durch dieselbe Ursache entstanden. Hier stoßen allerdings maximale Kontraste aneinander, so daß die Möglichkeit einer photographischen Irradiationserscheinung oder gegenseitiger Beeinflussung benachbarter Felder mit in Betracht zu ziehen wäre. Die Verbreiterung der Randstreifen da, wo die teilweise gebogene Drahtschlinge mehr von der Platte abstand, spricht aber auch hier für ein Strahlungsphänomen. (Die Verschmälerung des „l" und „r" des auf die Originalplatte mit Tinte geschriebenen Wortes da, wo sie durch den Drahtschatten gehen, ist durch Irradiation bei der Vergrößerung und Reproduktion entstanden.)

Die ungleichmäßige Abtönung des sogenannten Hintergrundes der Bilder rührt vom Überkopieren und vom Reproduzieren, zumal noch auf verkleinerten Maßstab, her, wodurch die leichten Unregelmäßigkeiten des Gusses der Originalplatten und der empfindlichen Schicht des Kopierpapieres sich ins Vielfache verdeutlichen. Durch die Reproduktion und Verkleinerung profitiert andererseits die Deutlichkeit der Überlicht-Randstreifen. Denn so markant wie auf den Bildern 1—4, Tafel XIV, treten die Streifen auf den Originalplatten nicht hervor. Verstärkt wurde keine dieser Platten. — Die Querstreifung auf den Bildern 5, 6 und 7 rührt vom vielleicht nicht ganz sachgemäßen Vergrößern her. Auf dem am stärksten vergrößerten und außerdem verstärktem Bilde 8 tritt das Korn der Platte auffallend zutage.

Nachtrag bei der Korrektur:

1. Einige weitere Nachforschungen und Versuche haben ergeben: Die fragliche Erscheinung ist auf vielen, wahrscheinlich auf allen Röntgenaufnahmen menschlicher Körperteile vorhanden, meist allerdings so minimal, daß sie nur beim sorgfältigen, darauf hingerichteten Betrachten der Platten oder überkopierten Abdrücke gefunden wird.

2. Sie kommt bei alten und neuen Röntgenröhren vor, bei Platin- und bei Wolfram-Antikathoden, am häufigsten jedoch bei ganz neuen Röhren.

3. Unter welchen besonderen Bedingungen das Phänomen das eine Mal grob und auffallend, das andere Mal kaum sichtbar ist, läßt sich noch nicht sagen.

4. Da es an Stellen auftritt, wo Kontraste obwalten, liegt es sehr nahe, ein photographisches Phänomen zu vermuten. Gegen die bekannten photographischen Phänomene Polarisation, Solarisation, Sabatier, Herschel-, Clayden-, Wood-Effekte, soweit dieselben überhaupt für Röntgenlicht möglich sind, spricht die Streifennatur unserer Erscheinung, desgleichen gegen Rotlichtschleier, Wärme und Druck, ganz abgesehen davon, daß für die meisten von ihnen überhaupt alle Vorbedingungen fehlen. Lichthofbildung ist bis jetzt an Röntgenbildern noch unbekannt, desgleichen Irradiation, gegen beide spricht vor allen aber der unter Punkt 6 angeführte gewichtigste Grund, außerdem das Überlicht. (Zu den photographischen Phänomenen und Effekten s. Eder, Trivelli, Lüppo-Cramer, Schaum, Eijkman, Eberhard usw.)

5. Die entscheidende Feststellung, daß ein photographisches Phänomen auszuschließen, sobald die Erscheinung auch am Fluoreszenzschirm sichtbar, ist zunächst praktisch nicht zu verwirklichen, da die Erscheinung, an sich schon schwach, mit dem Auge, das nicht wie die photographische Platte Lichteffekte zu summieren vermag, nicht wahrzunehmen sein würde und außerdem optische Täuschungen infolge Kontrastwirkung zu keinem sicheren Schlusse kommen lassen würden.

6. Wo bisher das Phänomen sich am ausgeprägtesten zeigte, handelte es sich ausschließlich um flaue, mit harter Röntgenstrahlung von etwa 8 Benoist und darüber gewonnene Aufnahmen, die außerdem nicht voll ausentwickelt waren. Irradiation aber kommt zustande bei maximalen Kontrasten und Überentwickelung. Auf kontrastreichen, mit sehr weichen Röhren aufgenommenen Negativen ließ sich bisher das Phänomen nicht sicher oder gar nicht feststellen. Auch an der Grenze von Knochen- und Weichteilschatten, wo doch meist starke Gegensätze obwalten, konnten die fraglichen Streifen nicht sicher beobachtet werden.

7. Wo die Überlichtrandstreifen bisher festgestellt wurden, waren sie immer dort am breitesten, wo die von den tangentialen Strahlen getroffenen Randpartien des Körperteils am weitesten von der photographischen Platte abgestanden hatten und umgekehrt. Nie konnte ein gegenteiliges Verhalten oder eine Andeutung dazu gefunden werden. Das spricht sehr für ein Strahlungsphänomen. Der Einwand, daß dies auch nicht gegen ein photographisches Konstrastentwicklungsphänomen spricht, insofern der dickere (mit seinem Rande weiter abstehende Körperteil) auch größere Kontraste auf der Platte schafft, dürfte nicht stichhaltig sein, erstens, weil die Unterschiede der Hautschattendichten an den gekrümmten Flächen gar keine nennenswerten sind, zweitens nach den Ausführungen oben Punkt 6, drittens aus dem nächsten Punkte:

8. Bei Versuchen mit anorganischem Material wurden die fraglichen Streifen bei Metallen niemals auch nur annähernd so markant erhalten wie bei der Drahtschlinge Figg. 1 und 2 (und 8), oft gar nicht erkennbar trotz weiten Abstandes von der Platte und maximaler Kontraste. Wohl aber kamen die Streifen sehr deutlich zustande am Kontur der einen Längsseite eines gebogenen, an den Kanten abgeschrägten Glasplessimeters, das an der Stelle größter Biegung 1,5 cm von der photographischen Platte abgestanden hatte.

Wie das Strahlungsphänomen, wenn es tatsächlich ein solches ist, zustande kommt, darüber können zunächst nur Vermutungen angestellt werden: Die Refraktions-, Dispersions- und Diffraktionserscheinungen der Röntgenstrahlen am Rande von Objekten müssen ja nach allem, was bis jetzt darüber bekannt, so minimal sein, daß sie unmittelbar so sinnfällige Effekte nicht hervorbringen können, so sehr die Erscheinung auch an die Beugung optischer Lichtstrahlen am Rande undurchsichtiger Körper erinnern mag. Von den sekundären Röntgenstrahlen weiß man (s. Fortschritte a. d. Gebiete d. Röntgenstrahlen, Band XXI, S. 61), daß es eine Gruppe gibt, die an allen Körpern entsteht, die von Röntgenstrahlen getroffen werden, vornehmlich aber an Substanzen mit niederem Atomgewicht, also Gasen, Kohlenstoffverbindungen, Schwefel usw., und die man als „zerstreute" Primärstrahlen bezeichnet. Diese Strahlen könnten in Betracht zu ziehen sein.

Soweit meine Resultate. Herr v. Laue, dem ich die Originalplatten und meine weiteren Untersuchungen vorlegte, glaubte zunächst an ein photographisches Phänomen. Die Verbreiterung der Randstreifen indessen mit wachsendem Abstand des Rands von der photographischen Platte (das an einer inzwischen gewonnenen Fußaufnahme noch deutlicher zutage trat), lassen ihn indessen jetzt eine Beeinflussung der Röntgenstrahlen als sehr wahrscheinlich erscheinen.

Aus der Röntgenabteilung der Universitäts-Frauenklinik Erlangen (Prof. Dr. Seitz) und dem Röntgen-Laboratorium der R. G. & S. Erlangen.

Das zweckmäßige Filter der gynäkologischen Röntgentiefentherapie.

Von

Dr. **H. Wintz** und Ober.-Ing. **L. Baumeister.**

Im Laufe der Jahre hat sich die Röntgenbestrahlung zweifellos ihre dauernde Berechtigung für die Tiefentherapie maligner Geschwülste, wie auch für die vorzeitige Herbeiführung der Atrophie des Ovariums bei atypischen Blutungen der Wechseljahre und bei Myomen erobert.

Durch die Zusammenarbeit vieler ist die Röntgentiefentherapie eine Wissenschaft geworden, die bereits jetzt zu achtbarer Größe herangewachsen ist und deren Weiterentwicklung noch glänzende Aussichten bietet.

Eines der erstrebenswerten Ziele der Röntgentiefentherapie ist vor allem das eine, auf tiefliegende Organe oder Neubildungen eine möglichst hohe Strahlenmenge einwirken lassen zu können. Dem stellt sich aber immer das große Hindernis entgegen, nämlich die schwere Durchdringungsfähigkeit der Haut und die hohe Empfindlichkeit ihrer Zellen gegen die Röntgenstrahlen. Wir sind immer genötigt, die Strahlen durch irgendeine mit Haut bedeckte Oberfläche zuerst hindurch zu senden, da wir ja nicht die Röntgenröhre wie die kleine Radiumkapsel in Körperhöhlen oder in den Tumor einführen können. Die geringe Möglichkeit, die speziell dem Gynäkologen bleibt, die Scheide als Einfallspforte zu verwenden, ist eine nur leider wenig praktisch voll ausnutzbare. Selbst wenn man annimmt, daß ein Portio carcinom z. B. direkt von der Scheide aus eingestellt werden kann, so muß man doch bedenken, daß es in den wenigsten Fällen selbst mit dem besten Stativ gelingt, das Zentralstrahlenbündel durch das Spekulum einfallen zu lassen, ganz abgesehen von dem Verlust durch die Dispersion auf dem langen Wege.

Die Hautschädigung zu umgehen war zunächst das ursächliche Moment, das Gauß und Lembke zur Anwendung des 3 mm Aluminiumfilters veranlaßte, des weiteren zu der von ihnen empfohlenen Vielfeldermethode. Im Ausbau der Vielfeldermethode wählten manche Radiologen die Felder möglichst klein, um so die in der Tiefe liegenden Krankheitsherde möglichst intensiv durch die recht vielen Zutrittspforten zu treffen. Wenn auch theoretisch diese Ausführung etwas für sich hatte, praktisch läßt sich doch behaupten, daß es nahezu unmöglich sein dürfte, wirklich von sehr kleinen Hautstellen aus so kleine Organe wie z. B. die Ovarien zu treffen; ja es dürfte wohl oft, wenn nicht ein ganz zuverlässiges Personal die Einstellung vornimmt, nicht einmal die oberflächliche kleine Hautstelle selbst vom Zentralstrahl getroffen werden. So muß man doch annehmen, daß manches dieser Einzelfelder zu dem Endresultat des Bestrahlungseffektes wenig beigetragen hat.

Diese Überzeugungen haben andere Röntgentherapeuten dazu veranlaßt, die Felder größer zu wählen und so die Gesamtzahl zu verringern. Damit war freilich das Prinzip der Freiburger Anordnung eigentlich schon durchbrochen. War es doch der Endzweck der Freiburger Vielfeldermethode, eine Tiefendosis zu erreichen, die der Summe der Erythemdosen kleinster Einfallspforten entsprach. Die Richtigkeit dieser Forderung bestätigen zwar die große Zahl der Heilungen von Myomen und Metropathien in Freiburg und der Therapeuten der Freiburger Schule. Aber auch jene, die die Zahl der Felder verringert und die Einfallspforten vergrößert haben, berichten von guten Resultaten, trotzdem ihre Tiefendosis ebenfalls kleiner geworden sein muß. Zurückgreifend brauchen wir uns ja nur zu erinnern an die Erfolge aus der ersten Zeit der Röntgentherapie von Albers-Schönberg, der den Strahlenkegel über die ganze Oberfläche des Abdomens einfallen ließ.

Bei der Bestrahlung mit großen Feldern spielt noch ein begünstigendes Moment eine Rolle, und zwar glauben wir dafür die Sekundärstrahlung des durchdrungenen Gewebes ansprechen zu dürfen.

Die Sekundärstrahlung kommt auch sicherlich bei der Vielfeldermethode mit zur Geltung; zumal dürfen wir bei jenen Feldern, deren Strahlenkegel weder Ovar noch Tumor trifft, ihre Mitwirkung am Endresultat nicht allzuniedrig einschätzen. Bei der Wahl größerer Felder jedoch ist sie in viel höherem Masse vorhanden. Daß das Gewebe eine beachtenswerte Sekundärstrahlung besitzt, darauf haben neuere Untersuchungen besonders hingewiesen und wir selbst konnten uns in eigenen Versuchen davon überzeugen.

Mit dem Bestreben große Felder bei der Bestrahlung anzuwenden, war eine Modifikation der durchaus bewährten Vielfeldermethode gegeben. Ein wesentlicher Fortschritt jedoch war es noch nicht. Von einem solchen darf nur dann erst gesprochen werden, wenn es gelingt, das große Feld in ein und derselben Sitzung auch wesentlich länger zu durchstrahlen, um so die Strahlendosis der Vielfeldermethode zu erreichen, ja sogar auch zu übertreffen. Dabei darf natürlich die Haut in nicht höherem Grade beeinträchtigt werden.

Diese Forderung kann aber nur mit einer Änderung der bisherigen technischen Bestrahlungsanordnug erfüllt werden. Nach dem üblichen Modus bei der Therapiebestrahlung wurde bei der Kleinfeldermethode bis nahe an die Erythemgrenze unter 3 mm Aluminium bestrahlt und weiter konnte auch bei der Benützung großer Felder nicht gegangen werden. Daher müßte auf irgend welchem Wege die Hautschädigung herabgemindert werden zugunsten einer größeren Tiefendose. Es müssen ferner Strahlen zur Anwendung kommen, die die bisherigen an Penetrationsfähigkeit übertreffen, kurz, es muß als Resultat ein möglichst günstiger Dosenquotient für das Verhältnis der Tiefendosis zur Hautdosis erreicht werden, wobei also der Koeffizient der schädigenden Hautdosis möglichst klein werden muß. Dieser Forderung glauben wir Rechnung getragen zu haben, einerseits durch die Wahl eines für die Tiefentherapie geeigneteren Filters, andererseits aber durch einen neuartigen Aufbau der Röntgenapparatur selbst.

Die Anwendung von Strahlenfiltern in der Röntgentherapie hat ihre Berechtigung in der

Anschauung, daß von jeder Röntgenröhre ein Strahlengemisch mehr oder weniger verschiedener Zusammensetzung ausgeht, die praktisch als harte und weiche Strahlen in Betracht kommen. Je größer der Anteil an weicher Strahlung ist, desto leichter wird sie von dem bestrahlten Gewebe absorbiert, mit ein Grund ihrer geringen Reichweite. Je tiefer also ein zu bestrahlender Punkt liegt, desto nötiger ist es, mit möglichst harten Strahlen zu arbeiten, soll nicht die darüber liegende Schicht, vor allem die Haut eine allzugroße und natürlich zuviel Schaden stiftende Strahlenmenge erhalten.

Es liegen eine Menge Versuche in der Literatur vor, die sich damit beschäftigen, aus dem Strahlenkegel nur eine gewisse Strahlenqualität auszusondern. Kurz gesagt sind es Stoffe von der Leinwand bis zum Platin, die als Filter vorgeschlagen wurden. Den Triumph größter Verbreitung und fast allgemeiner Anerkennung hat das 3 mm Aluminiumfilter der Freiburger Schule (Krönig, Gauß und Lembke) davongetragen. Es hat sich eigentlich so gut bewährt, daß die Suche nach einer Verbesserung auf diesem Gebiete unzweckmäßig erschien und so weisen die letzten Jahre nur wenig Arbeiten dieser Richtung auf.

Um zunächst der ausländischen Forscher Erwähnung zu tun, sei bemerkt, daß bei den Franzosen Aluminium in 1 und 2 mm Dicke gern verwendet wird, daß aber auch ein Filter von 0,1 mm dickem Silberblech in Vorschlag gebracht wird. Die Autoren behaupten, daß das Aluminiumfilter sehr starke Sekundärstrahlung liefere, daß ferner dieses Metall in einer solchen Dicke angewendet werden müsse, daß es nicht mehr biegsam genug sei. Ob das Letztere gerade nötig ist, mag dahingestellt sein. Die erstere Behauptung, daß das Aluminium mehr Sekundärstrahlung liefere als das Silber, ist längst einwandfrei als falsch widerlegt, unter anderen auch von Großmann. Aus der Amerikanischen Literatur erfahren wir, daß Lederfilter benutzt wurden in der Ansicht, daß das Leder gerade die sonst in der Haut absorbierten Strahlen verschlucke. Reginald Morton empfiehlt ein Filter aus mehrfach zusammengelegten Leinwandstücken, getränkt mit wolframsaurem Natron. Daß dieses letztere reichlich Sekundärstrahlen aussendet, ist leicht nachzuweisen.

Die Anwendung dieser Filter, wie aus Leder oder Leinwand mit wolframsaurem Natron sind eigentlich nur wenig über das Versuchsstadium hinausgekommen. Erst die letzten beiden Jahre haben praktisch erprobte und gut gestützte Untersuchungen über Ersatz des Aluminiumfilters durch Schwermetallfilter gebracht. Mit dazu beigetragen haben vor allem die umfangreichen Experimente, die zur Auffindung des geeigneten Filters für Radium und Mesothorium angestellt worden waren. Die fast als spezifisch angesprochene Wirksamkeit der Gammastrahlen auf vornehmlich Karzinomzellen, brachte die Forderung, die weichen Alpha- und Betastrahlen ausgiebigst abzuhalten. Die Verwendung von Filtern aus Blei erschien am geeignetsten, durch das ja die Radiumstrahlen in genügend starker Weise gefiltert werden. Nachdem nun bleigefilterte und harte Strahlen für identisch erklärt worden waren, versuchte es Löwenthal mit der Filtrierung der Röntgenstrahlen durch Blei, und zwar in der Dicke von 1 mm. Die Beobachtung, daß bei der Filtrierung durch Blei eine Halbwertschicht von 10 cm festgestellt werden konnte, veranlaßten dann auch Löwenthal, die Bleifiltrierung praktisch in der Therapie anzuwenden, selbstverständlich mit einem großen Opfer an Zeit. Sein Assistent Pagenstecher veröffentlicht die Beobachtung über eine $^3/_4$ Jahre durchgeführte Dauertherapie bei Schwerfilterbehandlung. Um die minimale Röntgendosis, die dnrch 1 mm Blei noch hindurchgeht, — sie beträgt in der Stunde ungefähr $^1/_2$ x — nutzbringender zu gestalten, wurde ein Röhrenkasten aus Blei konstruiert und mehrere Patienten, bis zu 12 und 16 an der Zahl rings um die Röhre stundenlang herumgesetzt.

Waren die Vorschläge Löwenthals und Pagenstechers auch etwas problematischer Natur, so fanden sie doch in der Röntgenwelt allseitige Beachtung. Auf dem 10. Röntgenkongreß berichtet auch Gauß im Anschluß an den Vortrag Löwenthals, über Versuche aus Freiburg, die ebenfalls die Verwendung von Schwerfiltern an Stelle von Aluminium zur Grundlage hatten. Eine ausführliche Veröffentlichung in der Deutschen Medizinischen Wochenschrift

von Krönig und seinen Mitarbeitern, gibt uns Aufschluß über Versuche, die zunächst experimentell in der Durchstrahlung 10 cm dicker Fleischteile unter verschiedener Filteranwendung bestanden. Dabei wurde gleichzeitig ein unbedeckter Kienböck-Streifen mit so großem Fokusabstand bestrahlt, daß der Strahlenverlust durch Dispersion dem der anderen Seite durch Absorption im Fleisch plus Dispersion gleich kam. Versucht wurde inFreiburg außer Aluminium, Kupfer, Zink und Messing, mit dem Ergebnis, daß durch Zink die Strahlung wesentlich gehärtet wurde und nur mehr 71 % gegenüber 89 % bei Aluminium in der Fleischschicht absorbiert wurde. Kupfer erwies sich zwar als günstiger wie 3 mm Aluminium, aber nicht so günstig wie Zink, da im Fleisch 78 % der Strahlung hängen blieben. Als Endresultat der Arbeit, die sich vorwiegend mit der Einwirkung von Radium und Mesothorium auf das Karzinom befaßt, stellen die Autoren fest, daß es erst die Zukunft wird lehren müssen, ob nicht doch das 3 mm Aluminiumfilter durch ein dickeres, bzw. durch 1 mm Zinkfilter zu ersetzen sei.

Im direkten Gegensatz hierzu steht Grossmann-Charlottenburg. Er vertritt den Standpunkt, „daß es vollkommen gleichgültig sei, ob man ein Kupfer-, Zink-, Messing- oder Aluminiumfilter für Röntgenstrahlen benutze. Alle diese Metalle zeigten in bezug auf die Absorption der Röntgenstrahlen ein gleichartiges Verhalten. Das Verhältnis der Absorptionskoeffizienten von Eisen, Nickel, Kupfer, Zink oder Messing, zu demjenigen des Aluminiums, seien in dem ganzen Spektrabereich der Röntgenstrahlen, innerhalb dessen keiner der Stoffe eine sprunghafte Änderung des Absorptionsvermögens aufweist, konstant.“ Man könne daher zu jedem Aluminiumfilter bestimmter Dicke ein äquivalentes Eisen-, Nickel-, Kupfer-, Zink- oder Messingfilter finden, das bei allen homogenen Röntgenstrahlen, wie auch bei komplexen Strahlen beliebiger Zusammensetzung, genau das gleiche Absorptionsvermögen besitze, wie das betreffende Aluminiumfilter.

Bei der Besprechung eigener Versuche werden wir noch auf diesen Autor zurückkommen.

Noch wäre eine Arbeit von Keetmann, Berliner klinische Wochenschrift 1914, zu erwähnen, die sich ebenfalls mit der Filtrierung befaßt, und zwar hauptsächlich mit der für Radium und Mesothorium geeigneten. Seine Versuche mit Röntgenstrahlen berechtigen ihn zu dem Schlusse, daß es tatsächlich möglich sei, die Strahlenqualität durch Filtrierung bis zu einem gewissen Grade zu verbessern.

Das Ziel unserer Untersuchungen war in erster Linie das, festzustellen, inwieweit die Annahme einer Filtrierung der Röntgenstrahlen durch Schwermetalle und Metalle mittleren Atomgewichtes überhaupt ihre Berechtigung hatte, dann aber durch umfassende Untersuchungen ein Filter zu finden, das unter ökonomischen Verhältnissen eine wesentliche Verbesserung der gynäkologischen Tiefentherapie mit sich brachte. Um diese Feststellungen ausführen zu können, war es nötig, daß wir uns zunächst einmal über das Wie der technischen Anordnungen vollständig klar wurden, in der Hauptsache über die Punkte, die uns bei diesen Untersuchungen die größten Schwierigkeiten entgegenstellen würden. Und diese waren vornehmlich die exakte Messung der verabfolgten Röntgenstrahlenmenge.

Es wären nur Wiederholungen, wollte man hier an dieser Stelle von den Schwierigkeiten exakter Dosimetrie sprechen. Wollten wir aber in diesen Punkten weiter kommen, so durften wir zunächst die zur Verfügung stehenden Meßmethoden nur so weit anwenden, als es im Bereich ihrer Brauchbarkeit war. Mit anderen Worten, wir konnten von einer Meßmethode, die in der Eigenschaft ihrer Anwendung Fehlerquellen in sich barg, trotz exaktester Ausführung keine wissenschaftlich einwandfreien Resultate verlangen. Andererseits wäre es ebenso töricht gewesen, praktisch immerhin brauchbare, wenn auch ungenaue Methoden beiseite liegen zu lassen, anstatt sie zu orientierenden Vorversuchen zu benützen. Zu solchen hat uns nun das Kienböck-Quantimeter recht gute Dienste geleistet. Wir haben mit den Kienböck-Streifen Messungen in Oberfläche und unter verschiedenen Meßphantomen vorgenommen, die uns recht gute, wenn auch nur aproximativ zu bewertende, Aufschlüsse gaben.

Wie weit es nun möglich war, die Resultate der Kienböck-Streifen zu verwerten, das konnten erst Versuche über die Art und Weise ihrer zu unseren Zwecken speziellen Brauch-

barkeit dartun. Die Umsetzung in der Schicht der Kienböck-Streifen beruht bekanntlich auf der Dissoziierung der Silbermoleküle in der Bromsilbergelatineschicht. In je höherem Maße diese stattfindet, um so schwärzer erscheint dann nach der Entwicklung die Schicht dem Auge. Da die chemische Umsetzung in Bromsilber quantitativ vor sich geht, so wird man unter ideal gleicheinwirkenden Verhältnissen gleiche Schwärzung der Schicht erzielen. Soweit wäre also gegen die Verwendung dieser Meßmethode nichts einzuwenden. Leider fehlt es aber an einer Voraussetzung, und das sind die ideal gleichen Einwirkungen.

Die Röntgenröhre sendet ein gemischtes Strahlenbündel aus, dessen einzelne Strahlenarten eine verschiedene Wellenlänge aufweisen. Im technischen Ausdruck sprechen wir von harten und weichen Röntgenstrahlen und bezeichnen als hart die Strahlen niedrigster Wellenlänge. Von diesen einzelnen Strahlenkomponenten wissen wir, daß sie in verschiedenem Maße von den Medien, in die sie eindringen, absorbiert werden. Daher müssen auch die verschiedenen Strahlenarten sich zur Bromsilberschicht verschieden verhalten. Wer aufmerksam den Entwicklungsprozeß seiner Röntgenaufnahmen verfolgt hat, der wird den Unterschied zwischen Aufnahmen mit harten und weichen Röhren wohl gesehen haben. So zeigt ein Negativ mit mittelweicher Röhre belichtet, am Ende der Entwicklungszeit, von der Glasseite her betrachtet, zarte Details, ein anderes, zu dessen Aufnahme eine zu harte Röhre benutzt wurde, eine undeutliche, fast verschleierte Bildkontur, bei der nur die höchsten Lichter zu sehen sind.

Übertragen liegt also die Vermutung nahe, daß eine härtere Röntgenstrahlung die Bromsilberschicht weniger schwärzt, als eine weichere Strahlung.

War dieser Gedankengang richtig, dann mußte gerade bei unseren Untersuchungen diese Möglichkeit ins Gewicht fallen, und vor allem aber auch eine entsprechende Beachtung erfahren. Wir werden später über Untersuchungen in dieser Richtung unsere Erfahrungen bringen.

So mußte denn eine Methode gewählt werden, mit der wir zunächst einmal Kienböck-Streifen kontrollieren konnten. Die Wahl unter den übrigen bekannten Meßmethoden war nunmehr nicht schwer. Es gab zu Beginn unserer Versuche und gibt auch heute noch nur eine genaue Meßmöglichkeit der Röntgenstrahlen, und das ist die Methode des Physikers, die Messung durch Ionisation. Daß diese Methode im Grunde genommen noch nicht die Schwelle des Laboratoriums überschritt, hat wohl seinen Grund darin, daß die Apparate und deren Handhabung noch nicht für die Röntgenzimmer des Arztes geeignet waren. Tatsächlich bildet aber die Messung mit Hilfe der ionisierenden Wirkung der Röntgenstrahlen die einzige Möglichkeit, exakte Vergleichswerte zu erhalten. Auch die physikalisch-technische Reichsanstalt, die Zentrale zur Prüfung von Radium- und Mesothoriumpräparaten, bedient sich dieser Methode. Ihr Prinzip geht von der Eigenschaft der Röntgenstrahlen aus, daß sie elektrisch geladene Körper, die in ihren Strahlenkreis gebracht werden, sehr rasch entladen. Der Grund hierfür liegt darin, daß die von Röntgenstrahlen durchzogene Luft ihr Isolationsvermögen verliert und leitend geworden ist. So kann die Ladung von dem Körper ihren Weg auf die Umgebung und dann zur Erde finden, wenn auch relativ langsam, da die durchstrahlte Luft doch nur als schlechter Leiter wirken kann.

Diesen Vorgang des Auftretens der Leitfähigkeit der Luft unter der Einwirkung der Röntgenstrahlen nennt man Ionisation. Die heutige Anschauung über den Vorgang der Ionisierung eines Gases ist nun die, daß sich durch die Einwirkung der Röntgenstrahlen aus einem Gasmolekül ein negatives Gasteilchen als Elektron abspaltet, während der Rest des zerschlagenen Moleküls als positives Ion zurückbleibt.

Es bestehen über diesen Vorgang aber zwei Ansichten, nämlich, daß ein jedes dieser Teilchen sich durch Anheftung einer größeren Anzahl neutraler Gasmoleküle in einen größeren Komplex verwandelt, den man als ein Gasion bezeichnet. Oder aber es können die Gasionen so zustande kommen, daß mehrere Elektronen und Ionen sich zu größeren Komplexen vereinigen. Man hat konstatieren können, daß die Zahl der in der Zeiteinheit gebildeten Gasionen proportional ist mit der Intensität der Strahlung, welche sie erzeugt.

Nun ist es noch nötig, über eine bei diesem Vorgang der Ionisation auftretende Eigentümlichkeit einiges zu bemerken. Stellen wir uns z. B. die praktische Ausführung eines Instrumentes, das auf dem Prinzip der Ionisation aufgebaut ist, vor, so haben wir die Anordnung, daß ein mäßig hochgespannter elektrischer Strom in einem Stromkreise fließen soll. Dieser ist an einer Stelle so unterbrochen, daß die Drahtenden einander nur genähert und in eine kleine lufthaltige Kammer eingeschlossen sind. Die Unterbrechung im Stromkreis verhindert nun eine richtige Stromzirkulation. Wird aber die eingeschlossene Luft in der Umgebung der Drahtenden von Röntgenstrahlen getroffen, so tritt der beschriebene Vorgang der Ionisation ein. Durch die Wanderung der positiven Ionen zum negativen Pol und der der negativen Ionen zum positiven Pol, entsteht zwischen diesen beiden eine elektrische Strömung, welche gewissermaßen das Gas durchfließt.

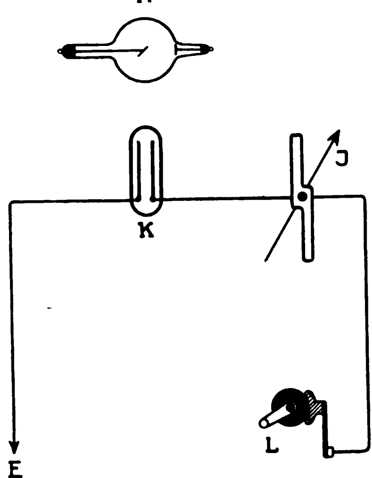


Fig. 1.

Nehmen wir nun an, die Stromstärke in diesem geschilderten System sei zunächst eine relativ geringe, so wird es nicht allen positiven und negativen Gasionen gelingen, den entsprechenden Pol zu erreichen, sondern sie werden sich vorher mit anderen Gasionen binden und dadurch gewissermaßen absättigen. Daher wird auch der an einem empfindlichen Galvanometer gemessene zirkulierende elektrische Strom ein entsprechend geringerer sein. Steigert man nun die Spannung, so wird folgerichtig in dem ionisierten Luftfeld mehr Strom durchgehen, es werden immer mehr Gasionen den positiven, bzw. negativen Pol erreichen. Dieser Zustand hört aber mit einmal auf, trotz weiterer Steigerung der Spannung zeigt das Galvanometer keinen stärkeren Ausschlag. Die Stromstärke bleibt unverändert dieselbe.

Graphisch dargestellt würde dies ungefähr so aussehen (nach Grätz: Elektrizität):

Die Zahlen der horizontalen Linie würden die einzelnen Spannungen der oben beschriebenen Systemanordnung darstellen, die vertikalen bezeichnen dann die am Milliampère gemessenen Stromstärken. Der Übergang der Kurve in eine horizontale zeigt, wie trotz Steigerung der Spannung die Stromstärke unverändert bleibt. Wir haben somit einen Zustand in der Ionisationskammer, den man als den Sättigungsstrom bezeichnet. Unter diesen Umständen müssen wir dann annehmen, daß alle Gasionen zu ihren entsprechenden Polen ihren Weg finden. Es wirkt somit die Röntgenstrahlung so auf die Kammer ein, daß nunmehr alle zerschlagenen Gasmoleküle als Ionen wandern.

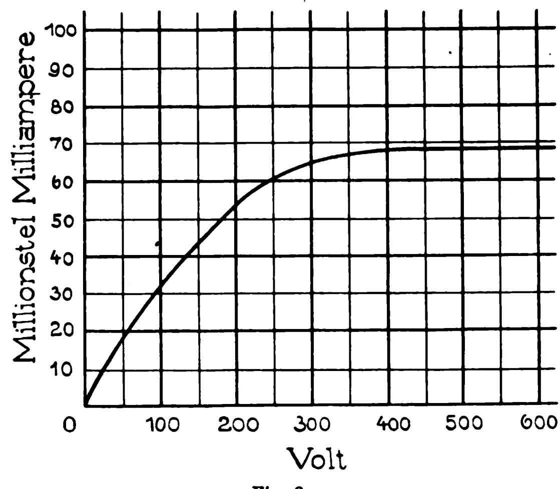


Fig. 2.

Von der Feststellung dieser Tatsache bis zur Ausnützung des Prinzipes zur Messung einer Röntgenstrahlendosis durch Ionisation war natürlich ein sehr weiter und mühseliger Weg.

Die praktische Ausführung eines solchen Meßinstrumentes geht bis 1907 zurück. Damals beschäftigte sich Villard mit dieser Frage und kurze Zeit nach ihm begann Szilard mit der Ausarbeitung einer Methode und eines Apparates zur Messung einer Röntgenstrahlendosis auf iontometrischem Wege. Ein von Szilard angegebener brauchbarer Apparat war Anfang 1914 bei Reiniger, Gebbert & Schall erhältlich. Über ihn hat bereits Christen in der Abhandlung „Messung und Dosierung der Röntgenstrahlen" geschrieben. Das Meßinstrument be-

steht aus einem strahlensicher eingebauten Elektrometer, mit einem dünnen flachen Zeiger, dessen Ausschläge auf einer Skala abgelesen werden können. Die Aufladung des Kondensators geschieht durch eine kleine Reibungselektrisiermaschine. Die Ionisationskammer ist beweglich durch ein langes biegsames Kabel mit dem Meßsystem verbunden. Die Ionisationskammer selbst, wie sie von Szilard angegeben ist, ist aus Metall konstruiert und sehr dick mit Blei ausgestattet. An der Oberseite des kleinen viereckigen Gehäuses ist ein dünnes Aluminiumblech, das für den Strahlendurchgang als Fenster dient. In das Innere der Ionisationskammer ragt, durch Bernstein isoliert, ein Metallstift, den einen Pol darstellend, während der andere Pol durch das Bleigehäuse gebildet wird: Das Volumen der Ionisationskammer beträgt 1 ccm.

Genaueres über die technische Anordnung im Apparat müßte in der Abhandlung von Szilard: „Absolute Messung der Röntgenstrahlen in der Biologie“, Strahlentherapie Band 5, oder bei Christen nachgelesen werden.

Szilard hat auch eine Eichung seiner Apparatskala angegeben und zwar in Megamegaionen. Nach seiner Angabe entspricht die Einheit der Megamegaionen 340 U. E. S. Da natürlich die Entladung des Apparates keine in der Zeiteinheit gleichmäßige ist, so stellt sich die Graduierung in immer kleiner werdenden Abständen dar.

Mit dem Iontoquantimeter von Szilard nun begannen wir zunächst Messungen auszuführen, in der Absicht, die Leistungsfähigkeit des Instrumentes allseitig möglichst festzulegen. Die Ionisierungskammer kam in den Strahlenkegel einer Röntgenröhre zu liegen, so daß das Fenster der Kammer möglichst genau senkrecht unter der Antikathode stand. Das Meßsystem befand sich hinter der strahlensicheren Schutzwand, das Verbindungskabel wurde durch eine 3 mm dicke Messingröhre, mit 2 mm dickem Innenbelag von Blei geführt. So verlief es vollständig strahlengeschützt. Die äußere Hülle des Kabels stand mit einer Erdableitung in Verbindung. Durch die Reibevorrichtung wurde dann das Meßinstrument auf 0 Megamegaion eingestellt und mit Hilfe einer Stoppuhr der Ablauf beobachtet. Für exakt auszuführende Versuche war es natürlich nötig, im Röhrenbetrieb strengste Gleichheit einzuhalten. Wir bestrahlten nur mit gut eingearbeiteten Röhren, unter Beachtung höchst erreichbarer Genauigkeit der Röhrenhärte durch vorsichtige Regulierung; jeweils strenge Gleichmäßigkeit wurde auch für die Motorgeschwindigkeit und Widerstandsschaltung gefordert.

Trotz dieser peinlichen Sorgfalt fielen die Werte nicht so aus, wie wir glaubten, sie als Bedingung für die vorgenommenen Versuche setzen zu müssen. Die Werte waren zu ungleich, als daß sie für exakte Vergleiche in Betracht gekommen wären.

Daher galt es zunächst, diese Fehlerquellen, die offenbar in unserer Arbeit und unseren Arbeitsmitteln lagen, auszumerzen.

Wir hatten die Ablesungen nach Megamegaionen an der Skala gemacht, möglich war daher, daß die Eichung unseres Instrumentes nicht stimmte. Deshalb ersetzten wir die ursprüngliche Meßskala durch einen Quadranten mit Gradeinteilung, wie sie für genaue geometrische Zeichnungen geliefert werden. An dieser Gradeinteilung lasen wir dann nicht direkt ab, sondern markierten uns zwei fixe Punkte, an denen wir vom Anfangs- bis Endpunkt den Ablauf des Instrumentes beobachteten.

Auch eines weiteren Versuches sei Erwähnung hier getan, obwohl er sich zwar theoretisch richtig, aber praktisch nicht ausführen ließ. Wir wollten nämlich den im Vorrücken immer schneller werdenden Ablauf des Instrumentes beeinflussen, in der Hoffnung, eine für alle Punkte gleichmäßige Geschwindigkeit erzielen zu können. Zu diesem Zwecke brachten wir parallel der Gleichgewichtsseite des Zeigers einen Kreissektor aus Metall an, dessen Höhe gleichzeitig in schiefer Ebene anstieg. Eine gewisse Gleichheit wurde dadurch zweifellos erreicht, jedoch nicht so, daß wir dadurch instand gesetzt gewesen wären, in Bogengraden abzulesen. Wir haben deshalb nach längeren Versuchen diese Einrichtung wieder fallen gelassen. Grund dazu war noch die Tatsache, daß die technischen Schwierigkeiten der Herstellung eines solchen Instrumentes in gar keinem Vergleich zur praktischen Brauchbarkeit gewesen wären. Im Prinzip

war diese Änderung doch sehr untergeordneter Natur und konnte daher auf einen weiteren Ausfall der Versuche kaum einen Einfluß ausüben.

Wesentlich anders wurde es daher, als unsere Versuche uns den Gedanken nahelegten, technische Änderungen an der Kammer vorzunehmen.

Die von Szilard angegebene Ionisationskammer ist in ihrer Innenseite mit Blei ausgelegt. Diese breiten Metallwände geben naturgemäß bei kräftiger Bestrahlung eine deutliche Sekundärstrahlung ab, die für die Ionisation der Luft sicher mit in Betracht kommt. Wir haben also bei der Bestrahlung gewissermaßen eine Summation der Wirkung der Primär- und der Sekundärstrahlung vor uns. Dabei ist noch Gewicht zu legen auf den Umstand, daß es sich nicht allein um eine gleichmäßige Summation handelt, sondern um ganz beträchtliche Schwankungen in der Qualität und Quantität der Sekundärstrahlung. Die Sekundärstrahlung ist bekanntlich abhängig, außer vom Material des Sekundärstrahlers, noch von der Primärstrahlung.

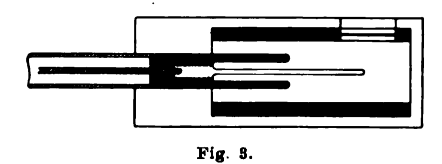


Fig. 3.

Ändert man daher die Qualität der Primärstrahlung, dann dürfte anzunehmen sein, daß ein Vergleich, der unter der Mitwirkung der Sekundärstrahlen erhaltenen Werte, kaum mehr exakt möglich sein dürfte.

Die erste Versuchsanordnung zur Ausschaltung der Sekundärstrahlung war diese: Wir gossen die Kammer 1 mm hoch mit Wachs aus und ließen nur die vordere Fläche der Innenseite der Stirnwand frei. Die einfallenden Strahlen konnten somit nur die Luft des Innenraumes treffen; die Sekundärstrahlung wurde allerdings nur zum Teil im Wachs absorbiert.

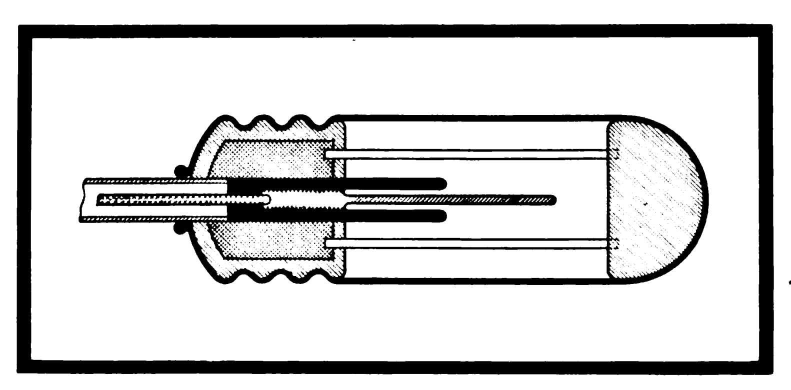


Fig. 4.

Eine zweite Modifikation der Kammer, die eine weitgehende Unterdrückung der Sekundärstrahlung bezweckte, führten wir so aus, daß wir den Mittelstift in ein Gehäuse von vier 1 mm dicken Aluminiumstäbchen einschlossen, und diese Stäbchen mit einem knopfähnlichen Kopfende abschlossen. Zum Abschluß der Kammer wurde ein Gummibezug übergestreift, der luftdicht unten abschloß.

Mit dieser Anordnung haben wir, ohne das äußere Volumen der Kammer merklich vergrößern zu müssen, doch den Kammerinhalt um ein beträchtliches erhöht. Wir glaubten nämlich feststellen zu können, daß unter Umständen ein etwas größerer Kammerinhalt als 1 ccm von Nutzen sein könnte. Denn je größer der Kammerinhalt ist, desto mehr Ionen können pro Sekunde in dem Gas gebildet werden, folglich ist auch der Sättigungsstrom ein stärkerer. Dieser Vorteil darf nun natürlich nicht übertrieben werden, weil damit auch wieder der Intensitätsanstieg zur Erreichung des Sättigungsstromes etwas verzögert wird.

Statt der Gummihülle haben wir auch eine Glaskappe verwendet und in diesem Falle an Stelle der vier Aluminiumstäbchen eine dünne Aluminium-Drahtspirale um den Mittelstift herumgeführt.

Schließlich blieben wir nach längeren, stets in dieser Richtung geführten Versuchen bei unserem jetzigen Modell stehen:

Die Kammer wird umschlossen von einer Glaskappe, die luftdicht in die Aluminiumfassung eingebettet ist. In der Mitte steht der durch Bernstein isolierte Stift, symmetrisch um ihn herum liegen sechs Aluminiumstiftchen von 0,8 mm Dicke und 2 cm Länge.

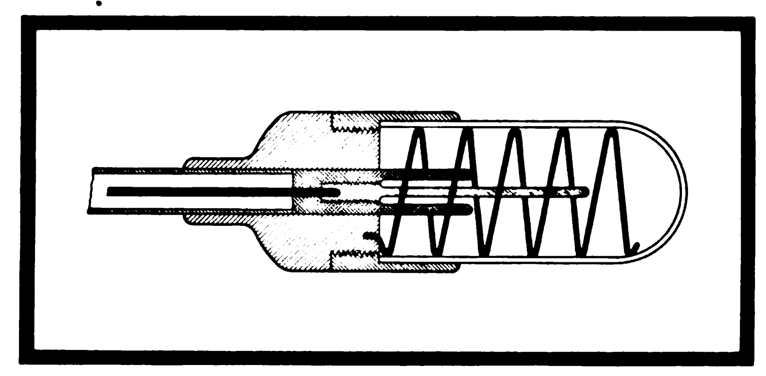


Fig. 5.

Der äußere Kammerdurchmesser beträgt nur 15 mm, die Länge 25 mm; jegliche Vorsprünge sind vermieden. Damit waren wir instand gesetzt, die Kammer auch tief in Körperhöhlen, Vagina und Rektum, einzuführen.

Mit diesem nun so beschriebenen Instrument arbeiteten wir während der ganzen Dauer der Versuche und benützen es heute noch zur Kontrolle der Leistungsfähigkeit unserer Apparate

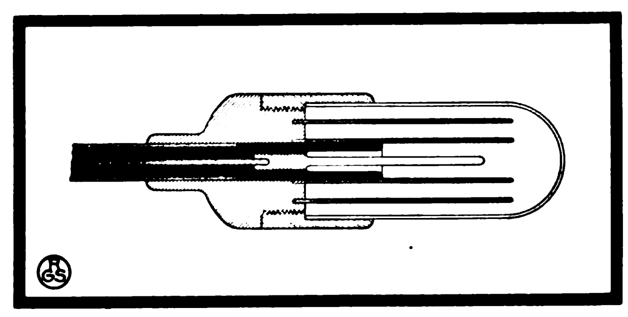


Fig. 6.

und Röhren, und zur Bestimmung der verabfolgten Dosis bei unseren Patienten. Es ermöglicht uns mit immer wiederkehrender Exaktheit Dosen zu messen, wie es mit keiner anderen Meßmethode im Röntgenzimmer zurzeit möglich sein dürfte.

Die mit dem Iontoquantimeter abgelesenen Dosen kamen so zustande, daß wir, wie schon oben beschrieben, eine bestimmte Ablaufstrecke des Zeigers gewissermaßen als Einheit ansahen

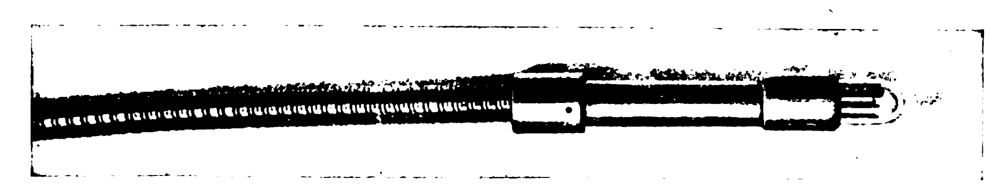


Fig. 7.

und an der Stoppuhr die Zeit in verbrauchten Sekunden ablasen. So konnte nun die Zeit als Dosis genommen werden.

Mit dieser Überzeugung, ein exaktes Meßinstrument nunmehr in der Hand zu haben und dessen Technik auch wirklich zu beherrschen, gingen wir nun an den Vergleich der Angaben des Iontoquantimeters mit den Kienböck-Streifen.

Wir bestrahlten also unter bestimmten Verhältnissen zunächst filterlos, mit sehr harten Röhren die Iontoquantimeterkammer, bis das Instrument den markierten Ausschlag gab. Die an der Stoppuhr abgelesene Zeit wurde notiert und nunmehr mit Kienböck-Streifen unter denselben Verhältnissen in der Länge dieser Zeit bestrahlt. In den meisten Fällen setzten wir sogar gleichzeitig Iontoquantimeterkammer und Kienböck-Streifen nebeneinander dem Strahlenkegel aus. Nun wurden die Bedingungen gewechselt und dieselbe Röhre weicher gemacht, so daß der Härtegrad auf 8 Wehnelt zurückging, der vorher 11—12 Wehnelt und über 12 Wehnelt betrug. Die Belastung war die gleiche wie im ersten Versuch; Kammer und Streifen wurden wieder auf gleichen Iontoquantimeterablauf bestrahlt. Somit hatten wir eine gleiche Iontoquantimeterdosis mit verschieden harten Röhren, in verschieden langer Zeit erhalten. Stimmten nunmehr die Kienböck-Streifen in ihrer Angabe mit dem Iontoquantimeter überein, dann mußten die auf gleichen Iontoquantimeterablauf bestrahlten Streifen gleiche Schwärzung aufweisen.

Dies war aber nun nicht der Fall. Denn der Kienböck-Streifen, der mit der härteren Röhre bestrahlt worden war, war eine deutliche Nuance heller, als der gleicherweise, aber mit weicher Röhre bestrahlte. Dieselben Verhältnisse fanden sich auch bei Anwendung von Filtern, ja die Versuche stimmten auch dann in dem Punkte überein und zwar sogar noch deutlicher, als wir die Strahlenhärte durch Vorschaltung verschiedener Filter zu beeinflussen suchten.

Es ist als sicher anzunehmen, daß ein Schwermetallfilter aus Zink, Messing oder Blei nur sehr harten Strahlen den Durchtritt erlaubt, gegenüber dem Aluminiumfilter. Wir haben nunmehr mit jedem einzelnen dieser Filter auf gleichen Iontoquantimeterablauf bestrahlt, dann haben wir an der Stelle der Kammer gleiche Röntgenstrahlen erhalten, selbstredend in verschieden langer Zeit. Die daneben gleichzeitig bestrahlten Kienböck-Streifen mußten dann wohl die gleiche Schwärzung aufweisen. Auch dieses Resultat entsprach nicht der Voraussetzung. Die unter Zink, Messing oder Blei bestrahlten Streifen waren ebenfalls heller getönt.

Somit konnten wir den Schluß ziehen, daß die Emulsion der Kienböck-Streifen auf die härtere Strahlung in geringerem Maße reagiert; es werden also vorwiegend härtere Strahlenteile weniger absorbiert, weshalb auch eine geringere Dissoziation der Bromsilbermoleküle ausgelöst wird. Dieser Satz gilt natürlich nur unter der Voraussetzung, daß das Iontoquantimeter gleichmäßig auf jedes Strahlengemisch reagiert. Heute wollen wir noch hinzufügen, daß es doch sehr interessant wäre, die Richtigkeit dieser Behauptung mit dem, dieser Tage von Christen angegebenen Integraliontometer nachprüfen zu können; denn nach den exakten Berechnungen Christens scheint dieses sein Instrument auch die möglicherweise vorhandenen geringen Fehler hinsichtlich einer unterschiedlichen Angabe des Iontoquantimeters für harte und weiche Strahlen auszuschließen.

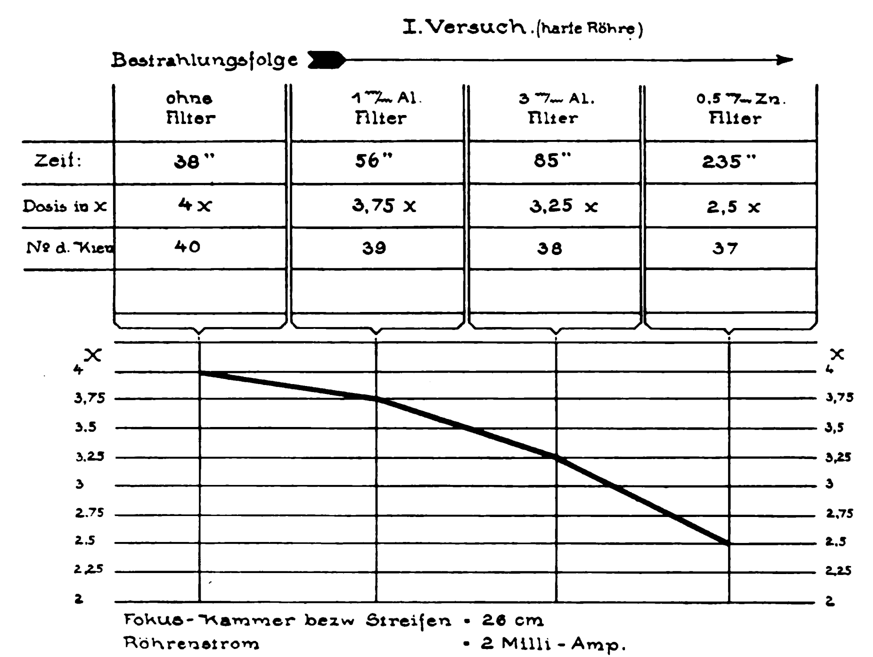
Mit der Feststellung der Tatsache, daß der Kienböck-Streifen bei harter Strahlung weniger anzeigt, sehen wir jedoch noch lange nicht den Stab über das Kienböck-Verfahren gebrochen. Deshalb sei zunächst der Unterschied der Farbentönung des Kienböck-Streifens unter verschiedenartiger Strahlung gezeigt.

Die nachstehenden Kurven geben einige der zahlreichen Versuche, die die obigen Ausführungen stützen, wieder. Diese Experimente wurden, wie bereits beschrieben, vorgenommen. Es wurden Kienböck-Streifen und Kammer nebeneinander bestrahlt, die Zeit war bestimmt durch den markierten Zeigerablauf des Iontoquantimeters. So wurden die zeitlichen Unterschiede gleichfalls festgestellt.

Die Kurve 1 zeigt, wie trotz gleicher Iontoquantimeterdose gegen die Seite härterer Strahlung ein Schwärzungsabfall eintritt.

Nun könnte man einwenden, daß die Reihenfolge der Versuche nicht unwesentlich das Resultat beeinflusse, da während der Zeit, die durch die Versuche verbraucht wird, die Leistungsfähigkeit der Röhre herabginge. Demgemäß wurde der gleiche Versuch in entgegengesetzter Reihenfolge vorgenommen. Wir begannen mit der Bestrahlung durch Zinkfilter und endeten mit der filterlosen Bestrahlung.

Die Form der Kurve 2 weicht aber nicht von der durch Kurve 1 dargestellten ab. Auch hier zeigt der Kienböck-Streifen, der in zinkgefilterter Strahlung lag, die geringste Schwärzung gemäß der vermehrten Strahlenhärte.


Vergleich zwischen den Angaben
des Jonto-Quantimeters und des Kienböck-Quantimeters.
I. Versuch. (harte Röhre)
Bestrahlungsfolge →

	ohne Filter	1 ‰ Al. Filter	3 ‰ Al. Filter	0,5 ‰ Zn. Filter
Zeit:	38"	56"	85"	235"
Dosis in X	4 X	3,75 X	3,25 X	2,5 X
№ d. Kien	40	39	38	37

Fig. 8.

Vergleich zwischen den Angaben
des Jonto-Quantimeters und des Kienböck-Quantimeters.
II. Versuch (mittel harte Röhre)
← Bestrahlungsfolge

	ohne Filter	1 ‰ Al. Filter	3 ‰ Al. Filter	0,5 ‰ Zn. Filter
Zeit:	46"	84"	140"	456"
Dosis in X	3,25 X	3 X	2,75 X	2,25 X
№ d. Kien	41	42	43	44

X
4
3,75
3,5
3,25
3
2,75
2,5
2,25
2

Fokus-Kammer bezw. Streifen = 26 cm
Röhrenstrom = 2 Milli-Amp.

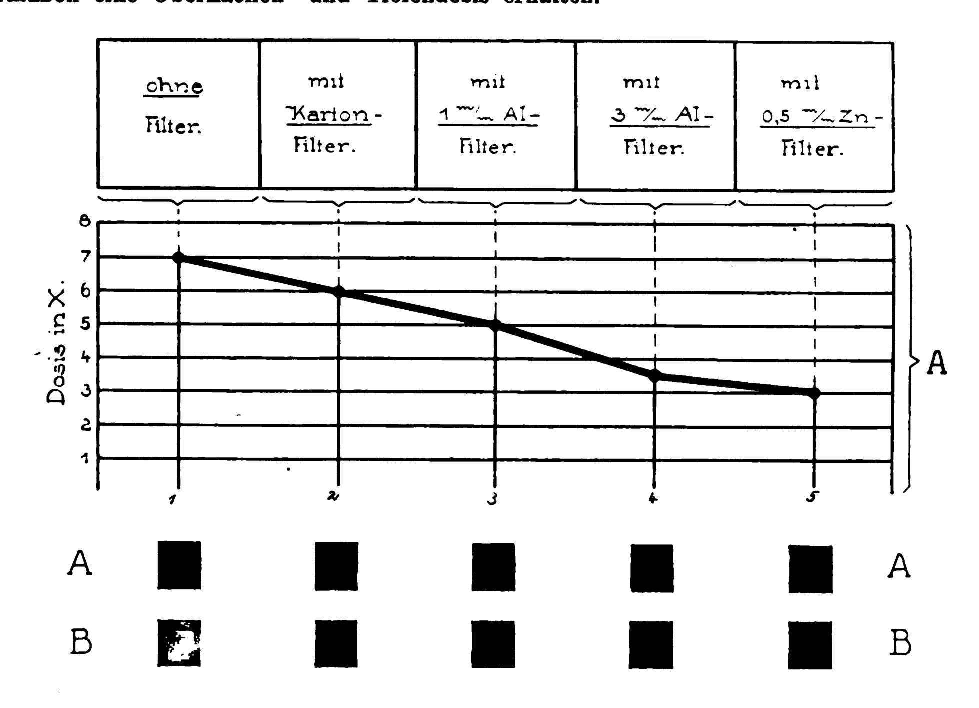
Fig. 9.

Es bliebe noch die einzige Möglichkeit eines Irrtums dadurch bedingt, daß der Iontoquantimeterzeiger nicht seinen Weg mit vergleichbarer Geschwindigkeit ablief. Auch dieses

haben wir vermieden durch vorherige Bestimmung eines Mittelwertes aus vier Ablesungen der Zeit, die der Zeiger des Iontoquantimeters zum Ablauf brauchte. Die einzelnen Streifen wurden dann die bestimmte Zeit bestrahlt. Das Ergebnis war dasselbe.

Noch ließe sich aus der Kurve ersehen, daß die Röhrenhärte einen deutlichen Einfluß auf den Kurvenabfall ausübt, dieser wird steiler, sobald man zum ganzen Versuch eine weichere, bzw. mittelharte Röhre wählt. Dieses Resultat war ja auch zu erwarten.

Wir fügen nun noch die Abbildung einer weiteren Kurve bei, in der ebenfalls gleichzeitig Kienböck-Streifen auf gleichen Iontoquantimeterablauf bestrahlt wurden. Dabei haben wir aber die Streifen zur Hälfte mit einem 5 mm Aluminiumblock abgedeckt und somit gewissermaßen eine Oberflächen- und Tiefendosis erhalten.



Schwärzungsstufe B · unter 5 mm Aluminiumblock.

Fig. 10.

Auch diese Kurve zeigt zunächst wieder die geringeren Kienböck-Dosen auf der Seite der härteren Strahlung, das ist die der Zinkfiltrierung; nur ist diesmal der Unterschied der Werte, gewonnen unter den Metallfiltern, weniger stark. Dies hat seinen Grund darin, daß wir mit einer extrem harten Röhre gearbeitet haben, die Messung nach Wehnelt ergab über 12 Härtegrad, die Parallelfunkenstrecke betrug 38 cm.

Vergleichen wir nun aber die Tönung der Kienböck-Streifen, die unter dem 5 mm Block lagen, so ergibt sich keine etwa parallelgehende Abnahme der Schwärzung wie beim direkt bestrahlten Streifenanteil, sondern nahezu das Gegenteil. Es ist nämlich der vom zinkgefilterten Röntgenlichte unter 5 mm Aluminiumblock bestrahlte Streifenanteil dunkler, wenn auch nur eine Spur, als die übrigen Streifenanteile. Wir können sogar jetzt bei genauem Vergleich, entgegengesetzt der oben festgestellten absteigenden Schwärzung nach der Seite der härteren Röntgenstrahlung zu, eine Zunahme der Schwärzung feststellen. Dieser Befund sagt dann gar nichts anderes, als daß bei gleicher Oberflächendosis durch Einschalten strahlunghärtender Filter die Tiefendosis verbessert wird. Verwendet man in gleicher Anordnung eine weniger harte Röhre, oder bei harter Röhre einen 10 mm Aluminiumblock, so würden diese Verhältnisse noch viel deutlicher.

Die übereinstimmenden Ergebnisse, der aus verschiedenen Richtungen vorgenommenen Versuche, dürften nun doch wohl eine experimentelle Beweiskraft haben für die Behauptung, daß der Kienböck-Streifen bei härterer Strahlung mit geringerer Schwärzung reagiert. Zwar wäre die Möglichkeit nicht von der Hand zu weisen, aus einer großen Versuchsreihe im Experiment eine Quote für die geringere Schwärzung der Bromsilbergelatineschicht zu finden. Wir versprechen uns jedoch hiervon keinen besonderen praktischen Vorteil, da damit nur das Kienböck-Verfahren um eine Fehlerquelle reicher wäre, wollte man den Quotienten geringerer Schwärzung bei der jedesmaligen Bestimmung an der Skala in Rechnung setzen. Für eine rasche Ablesung jedoch ließe sich schon eine Ableseskala für eine bestimmte Röhrenhärte und 0,5 mm Zinkfilter geben. Trotz alledem hat uns bei unseren Versuchen das Kienböck-Verfahren wesentliche Dienste geleistet und wird von uns heute noch zur ungefähren Orientierung bei der praktischen Röntgenbestrahlung von Patienten benutzt. Denn zur raschen Kontrolle von Versuchen genügte der Vergleich der stärkeren oder geringeren Schwärzung einzelner Streifen, wobei wir schätzungsweise bei härterer Strahlung den Fehler geringerer Reaktion einsetzten.

Für die Patientenbestrahlung kommt ein Umstand in Betracht, der sich uns ebenfalls aus einer langen Reihe von Bestrahlungsserien ergab, nämlich, daß die Haut ebenfalls auf härtere Strahlung weniger reagiert, oder wie man auch sagen könnte, härtere Strahlung in geringerem Maße absorbiert, ähnlich wie die Bromsilberschicht des Kienböck-Streifens. Diese Erfahrungstatsache ist nicht neu, wir finden in der Literatur verschiedentlich darauf verwiesen. Daß es nun freilich verkehrt wäre zu behaupten, die verminderte Empfindlichkeit der Haut gehe parallel mit der der Kienböck-Streifen, dessen sind wir uns wohl bewußt. Im praktischen Röntgenbetriebe aber ist der Kienböck-Streifen trotzdem wohl brauchbar. Dieser Satz darf jedoch nur dann aufgestellt werden, wenn es bewiesen werden kann, daß die Empfindlichkeit der Haut gegen harte Röntgenstrahlen schneller abnimmt, als die der Kienböck-Emulsion. Würde man also die Werte der Empfindlichkeit der Kienböck-Streifen als Abszissen in einem Koordinatenschema eintragen, wobei man die Strahlenhärte als Ordinaten nehmen müsste, und darunter die Empfindlichkeit der Haut, so würde man zwei Linien oder Kurven erhalten, die gegen die Seite größerer Härte zu auseinander weichen müßten. Daß es sich in der Tat so verhalten muß, werden wir im Laufe der Abhandlung beweisen. Wenn also bei der Bestrahlung mit sehr harten und dazu noch hartgefilterten Strahlen, eine bestimmte Anzahl X nach Kienböck gemessen wird, so kann durch den Unterschied der Empfindlichkeit von Haut und Kienböck-Streifen nur unterdosiert werden. Der Zweck der Messung ist also für den Praktiker erreicht, eine Röntgenverbrennung wird vermieden.

Vergleichende Versuche mit verschiedenen Filtern aus Schwermetallen und Metallen mittleren Atomgewichtes.

In den Verhandlungen der deutschen Röntgengesellschaft stellt Großmann die Behauptung auf, daß es für die Qualität der Strahlen ganz gleichgültig sei, was für ein Filter in den Strahlengang eingeschaltet würde. „Die Meinung, es müßte möglich sein, ein Schwermetallfilter, sei es Blei, Kupfer, Messing oder Zink finden zu können, das für die Tiefentherapie geeigneter sei, als ein Aluminiumfilter, sei falsch, denn es sei gleichgültig, welches der genannten Metalle man als Filtermaterial benutze, da alle diese Stoffe in bezug auf die Absorption der Röntgenstrahlen ein gleichartiges Verhalten zeigten, sofern man nur entsprechende Filterdicken wähle." Diese Ansicht Großmanns läßt sich aber nicht aufrecht erhalten, da es tatsächlich gelingt, durch die Verwendung verschiedener Metalle als Filter, die von der Röntgenröhre ausgesandten komplexen Strahlenbündel in ihrer Qualität zu verändern; dadurch fällt aber auch der Dosenquotient in den zu durchstrahlenden Medien anders aus. Käme nur die reine Absorption in Frage, so wäre allerdings das Verhalten der einzelnen Metalle ein gleich-

artiges, es wäre eine Substitution anderer entsprechender dickerer oder dünnerer Filter möglich. Da wir aber noch die selektive Absorption eines jeden Metalles in Rechnung setzen müssen, so wird in der Tat durch die vereinigte reine Absorption und die selektive Absorption eine verschiedene Filterwirkung erzeugt. Die physikalischen Untersuchungen des Spektrums gefilterter Röntgenstrahlen sind die Stütze für diese Behauptung. Auch erwähnt z. B. Christen mehrfach, daß es möglich ist, die Halbwertschicht einer Röntgenstrahlung durch Vorschaltung von Filtern zu verändern.

Ehe wir weiter auf diese Punkte unserer Fragestellung eingehen, seien zunächst unsere praktischen Ergebnisse beschrieben. Daß die Röntgenstrahlen, die von einer Röhre ausgehen, ein von verschiedenartigen Strahlenbündeln zusammengesetztes Licht bilden, ist eine schon lange bekannte Tatsache. Bestrahlen wir nun irgendein Objekt, z. B. einen menschlichen Körper, so dringt die zusammengesetzte Strahlung der Röntgenröhre zwar in das tiefliegende Gewebe ein, ein großer Teil aber bleibt in der oberflächlichen Schicht hängen. Gerade in der Tiefentherapie jedoch legen wir Wert darauf, eine möglichst große Strahlenmenge in Körpertiefen bis zu 10 cm und mehr zu bringen und dort zur Absorption gelangen zu lassen. Jede in den oberflächlichen Körperschichten und vor allen Dingen in der Haut hängengebliebene Strahlung bedeutet nicht bloß einen Verlust für die Tiefenwirkung, sondern eine schwere Schädigung für die Haut. Sie setzt der Behandlung mit Röntgenstrahlen immer wieder eine Grenze, die zwingt eine Röntgenbehandlung eher abzubrechen, als eigentlich die gewünschte Dosis in der Tiefe erreicht worden ist. Auf dieser Tatsache aufbauend hat die Methode der Bestrahlung unter der Einschaltung eines Filters eingesetzt. Die Filtrierung muß natürlich einen Zeitverlust mit sich bringen, der um so größer ist, je dicker man das Filter wählt, aber doch auch abhängig ist vom Material des Filters. Soll nun die Filtrierung eine zweckmäßige sein, so muß durch sie ermöglicht werden, daß die Strahlung einen derartigen Charakter annimmt, daß eine Tiefendose, die bei der unfiltrierten Strahlung zwar in längerer Zeit, aber dafür mit wesentlich geringerer Hautschädigung erhalten wird. Dieser Gewinn an kleinerer Hautschädigung wird es aber dann auch möglich machen, die Bestrahlung länger fortzusetzen, bis mit der Erythemgrenze die höchst erreichbare Hautdosis in der Haut absorbiert ist; dadurch ist aber eine Steigerung der Tiefendose eingetreten.

Das Experiment muß nun dahin zielen, ein Filtermaterial und eine Filterdicke zu finden, das eine große Hautschonung mit sich bringt, ohne gleichzeitig das Opfer an Zeit ein allzugroßes werden zu lassen.

Zur Versuchsanordnung selbst sei folgendes berichtet: An Stelle menschlichen Gewebes nahmen wir Wasser, das einen ähnlichen Absorptionskoeffizienten hat, wie die zu durchstrahlenden Schichten in der gynäkologischen Tiefentherapie. Das Wasser befand sich in einem Holzkasten mit einem Boden aus Pergamentpapier. Die Innenflächen waren mit Wachs ausgegossen. Die Höhe der Wassersäule wurde variiert, betrug von 6—12 cm. Dieses Durchstrahlungsphantom hatte vor allem den Vorteil der direkten Messung von Absorption plus Dispersion; es war frei von allen den Fehlern, die Christen dem Aluminiumphantom zuschreibt. Fehlerquellen durch Sekundärstrahlung waren ebenfalls von vornherein fast ganz auszuschließen. Die Sekundärstrahlen des Wassers sind von so geringer Reichweite, daß sie beeinflussend für irgend eine Messung gar nicht in Betracht kommen. In den meisten Versuchen wurde überdies auf den Dosisindikator — Ionisationskammer oder Kienböck-Streifen — ein 1 mm dickes weiches Fensterleder gelegt. Nun war jegliche Beeinflussung durch Sekundärstrahlung auszuschließen.

Zu nennen wäre nun noch die zerstreute Strahlung, die ebenfalls auftritt, wenn ein Körper von Röntgenstrahlen getroffen, bzw. durchdrungen wird. Diese zerstreute Strahlung verhält sich aber genau wie die Primärstrahlung, hat also Lichtnatur. Ihre Qualität hängt nur von der Primärstrahlung ab, je härter also die einfallende Röntgenbestrahlung, desto härter auch die zerstreute Strahlung (siehe auch Volz, Sekundärstrahlenproblem, Fortschritte, Bd. XXIII, 6). Wir dürfen also annehmen, daß eine Addition der zerstreuten Strahlung zur

Primärstrahlung stattfindet, die sich, weil von der gleichen Art, für alle Versuche in der nämlichen Weise einstellt. Daher kann eine Fehlerquelle aus ihr nicht erwachsen. Der Vollständigkeit halber sei noch die Kathodenstrahlung genannt, die aber für Messungen ebenfalls ohne Belang ist, da sie durch das Wasser selbst, sowie auch durch den gewachsten Pergamentboden des Kastens vollkommen absorbiert wird.

Die ersten Messungen begannen nun als orientierende Voruntersuchungen mit Kienböck-Streifen. Es würde zu weit führen, hier die einzelnen Protokolle zu erwähnen, zumal sich die Endresultate nur auf Messungen mit dem Iontoquantimeter stützen. Aber auch die durch die Kienböck-Streifen erreichten Ergebnisse ließen bereits die Annahme hinreichend berechtigt erscheinen, daß es möglich sein wird, speziell für die gynäkologische Tiefentherapie ein zweckmäßigeres Filter, als das 3 mm Aluminiumfilter, zu finden.

Die Anordnung der Dosenmessung mit dem Iontoquantimeter war zunächst mit Rücksicht auf die Abhaltung äußerer Schädlichkeiten, unter Berücksichtigung jeglicher Umstände, aufs peinlichste von uns aufgestellt worden.

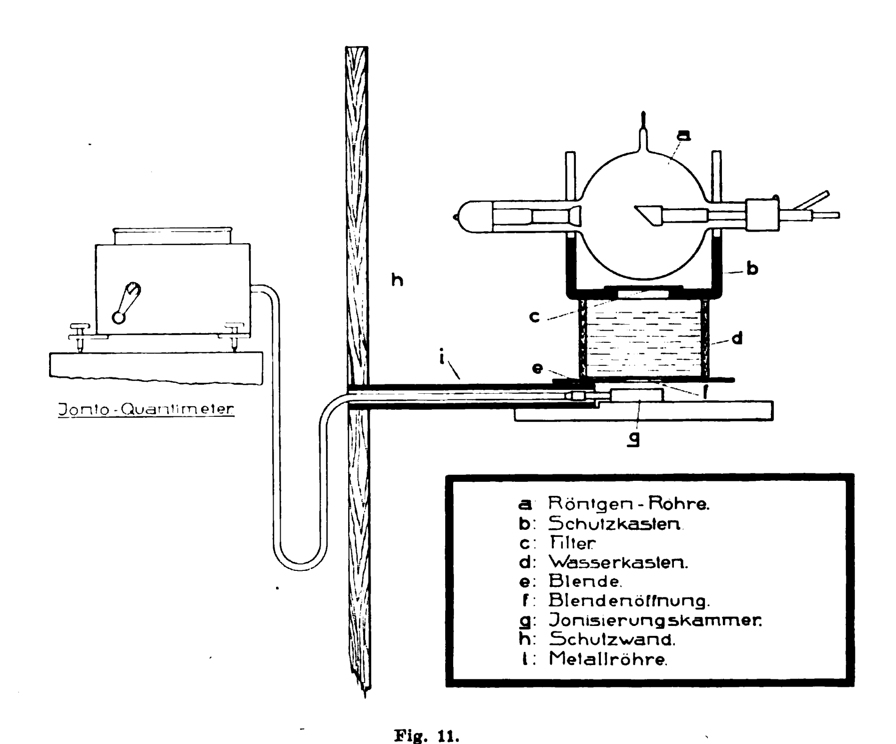


Fig. 11.

Die Röntgenröhre *(a)* wurde in einen strahlensicheren Schutzkasten *(b)* eingesetzt, die Strahlenaustrittsstelle hatte eine Blendenöffnung von 6 cm, in die das jeweils zu untersuchende Filter geschoben wurde. Unter dem Röhrenschutzkasten fand der zu durchstrahlende Wasserkasten Aufstellung. Der Papierboden lag auf einer Metallplatte, die genau in der Mitte einen entsprechenden Ausschnitt, 6:6 cm hatte, die somit der Blende am Röhrenkasten entsprach. Darunter lag schließlich die Ionisationskammer, deren Anordnung weiter oben bereits beschrieben ist. Um den Verbindungsschlauch von Kammer zur Ablesungsstelle von jeglicher Strahleneinwirkung zu schützen, führten wir eine genügend dicke Messingröhre bis zur Schutzwand. Wir konnten somit annehmen, daß die mit dem Iontoquantimenter angezeigte Strahlung lediglich nur solche war, die ionisierend auf die Kammer eingewirkt hatte.

Die jeweiligen Untersuchungen durften sich natürlich, sollten wirklich vergleichbare Resultate erhalten werden, nur bezüglich der einzelnen Filter ändern, alle anderen Versuchsmomente mußten absolut gleich bleiben. Daher durften nur dann in den Protokollen Versuche als aus-

schlaggebend anerkannt werden, wenn die Dosenschwankungen nur auf die Filtrierungen zurückzuführen waren. Das setzte zunächst für eine vollständige Versuchsreihe einen ganz gleichmäßigen Betrieb voraus.

Die Unterbrechungsgeschwindigkeit war ständig dieselbe, sie betrug 1200 Unterbrechungen pro Minute. Ebenso war die Belastung während eines ganzen Versuches stets die gleiche, das Milliampèremeter mußte stets den gleichen Ausschlag geben, nachdem einmal mit einer bestimmten Belastung begonnen worden war. Aufmerksames und kurzes Regenerieren sorgte dafür, daß die Röhre stets in gleichmäßigem Betriebe gehalten wurde. Diese Arbeit hat uns späterhin unser Regenerierautomat (Conf. Münch. med. Wochenschrift Nr. 11, S. 382, 1916), in ebenso zuverlässiger wie einwandfreier Weise abgenommen. Die durchschnittliche Röhrenbelastung im Sekundärstrom war 3 Milliampère, die Schwankungen durften nicht mehr als 0,2 Milliampère betragen. Mit geringerer Stromstärke zu arbeiten — wir haben auch Versuche bei 2 und 2,3 Milliampère vorgenommen — war unrentabel, da die Bestrahlungszeiten, vor allem bei Schwermetallfiltern, sich sehr in die Länge zogen. Eine der größten Schwierigkeiten bei diesen Versuchen war die Konstanz und das zeitlich lange Aushalten der Röhren. Wie manchen Versuch mußten wir nach stundenlangem Opfer an Zeit verwerfen, weil oft kurz vor Ende des Versuches die Röntgenröhre weicher wurde. Sehr gute Dienste leistete uns dabei das starkgebaute Siederohr von C. H. F. Müller-Hamburg, und das Durarohr der Firma Reiniger, Gebbert & Schall, A. G., in seiner neuen Ausführung, die sich beide für die stundenlangen Bestrahlungen glänzend bewährten.

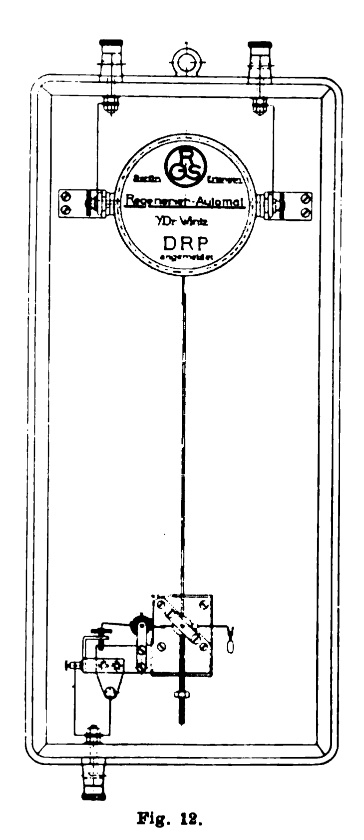


Fig. 12.

Ein Versuchsablauf gestaltete sich nun folgendermaßen: Die freiliegende Ionisierungskammer wurde bei vorgeschaltetem Aluminiumfilter von 3 mm z. B. so lange bestrahlt, bis das Iontoquantimeter einen bestimmten Ablauf vollzogen hatte. Die Zeit wurde auf Sekunden mit der Stoppuhr abgelesen. Diese Bestrahlung wurde zum mindesten dreimal wiederholt und aus den drei ziemlich beieinander liegenden Werten ein Mittelwert genommen. Dann wurde die Bestrahlung unter dem Wasserkasten wiederholt und zwar ebenfalls drei Ablesungen festgestellt.

Bezüglich der Tiefenanordnung der Iontoquantimeterkammer machten wir noch zwei generelle Unterschiede. Erstens, die den Bestrahlungen am Menschen entsprechende Versuchsanordnung, die uns erlaubte, Hautdosis und Tiefendosis direkt zu bestimmen, wodurch wir also den Dosenquotienten sofort erhielten. Zweitens aber wählten wir eine Versuchsanordnung, wie sie Christen zur Bestimmung seiner Halbwertschicht benützt. Unter Halbwertschicht versteht Christen diejenige Wasserschicht in cm, die rein durch Absorption die Hälfte der auf ein freiliegendes Dosimeter auftreffenden Strahlenmenge wegnimmt. Deshalb wurde von uns ein feststehender Abstand vom Fokus zur Ionisationskammer von 30 cm beibehalten und der Wasserkasten einfach über die Ionisationskammer geschoben.

Nunmehr ergaben unsere Messungen einerseits die direkt auftreffende Strahlenmenge, andererseits die nur durch die Absorption im Wasserkasten verminderte Dosis.

Ein anderes ebenfalls sehr brauchbares Meßphantom bildeten Wachsplatten, die wir uns in der Größe von 10:10 cm, je 2 cm dick anfertigen ließen. Mit ihnen war ebenfalls eine Dosenmessung in verschiedenen Tiefen sehr leicht möglich. Die Sekundärstrahlen von Wachs sind ebenfalls sehr geringe.

Wir haben eine Prüfung auf etwaige ausgesandte Sekundärstrahlen so vorgenommen, daß wir einen Wachsblock in die Strahlenrichtung brachten und daneben strahlensicher abgedeckt und gleichzeitig geschützt gegen die Sekundärstrahlung des abdeckenden Materials, die Ionisationskammer, sowie auch Kienböck-Streifen und photographischen Film angebracht. Wichtig war es hierbei, daß keinesfalls schräg durch den Wachsblock dringende Strahlen die Ionisationskammer treffen konnten. Der Röhrenfokus mußte daher genau über den Wachsblockrand, bzw. noch einige Millimeter über der Bleiplatte angebracht sein. Die Zeichnung demonstriert die Anordnung schematisch.

Diese Art der Untersuchung war allerdings eine etwas aproximative, reichte aber für unsere Zwecke vollkommen aus. Wir konnten feststellen, daß durch die geringe Sekundärstrahlung im Wachs eine Beeinflussung der gesuchten Resultate nicht stattfand.

Was das Absorptionsvermögen einer Wachsschicht gegenüber einer gleichdicken Wasserschicht anbelangt, so klärt ein einfacher Versuch dahin auf, daß das Wachs deutlich weniger absorbiert als das Wasser.

Dazu wurde nun in einem mit Wasser gefüllten Kasten ein 4 cm dicker Wachsblock eingelegt und am Boden durch ein kleines Gewicht festgehalten. Wurde nun das Ganze durch Röntgenlicht auf einer photographischen Platte aufgenommen, so zeichneten sich die Konturen des Wachsblockes durch stärkere Schwärzung der Bromsilberschicht ab: Die Wachsschicht absorbiert also weniger Röntgenstrahlen als das Wasser. Dies stimmt ja wieder mit dem bekannten Erfahrungsgesetz überein, daß der Absorptionsfaktor einer Substanz dem Atomgewicht parallel verläuft.

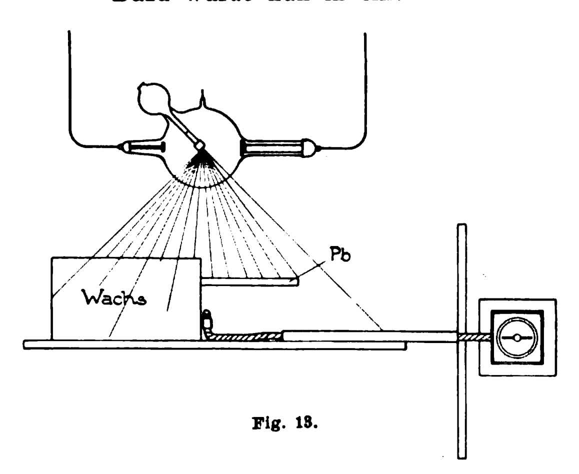


Fig. 13.

Auch bei der Wachsschicht als Durchstrahlungsphantom hielten wir die oben beschriebenen zwei Modifikationen ein, nämlich die Bestimmung einer Oberflächenschicht und Tiefenschicht, unter verändertem Dosimeterabstand, sowie mit Beschränkung der Messung auf die Absorption allein.

Des weiteren verglichen wir die am Wasser und Wachsphantom gewonnenen Resultate mit solchen, die unter einer Blutschicht von 6—10 cm Dicke sich aufstellen ließen. Das Blut war in solchen Fällen durch Kaliumbioxalat oder Hirudin gerinnungsunfähig gemacht worden.

Auch Durchstrahlungsergebnisse von Kystomen wurden zur Feststellung des Dosenquotienten herangezogen.

Filtrierung und Dosis.

Gehen wir nun in Nachstehendem näher auf die Unterschiede ein, die sich bei der Verwendung verschiedener Filter in der Strahlenwirkung feststellen lassen.

Es erübrigt sich hier Resultate anzuführen, die zu weit außerhalb des endgültigen Zieles unserer Arbeit liegen. Wir beschränken uns daher nur des Näheren einzugehen auf die Ergebnisse bei der Verwendung von 1 mm Aluminium, 3 mm Aluminium, 0,5 mm Zink, 0,5 mm Messing und 0,5 mm Kupfer. Die nachstehenden Werte stellen Mittelzahlen dar, gefunden aus einer langen Reihe von Beobachtungen. Natürlich sind die direkt gemessenen Werte selbst untereinander deutlich verschieden, je nach dem man ein anderes Induktorium und eine andere Röhre wählt. Daher suchten wir für diese nun folgenden vergleichenden Angaben Ergebniszahlen heraus, die von einander ähnlichen und gleichwertigen Röhrentypen, von gleichwertigen Induktorien, unter gleichen Bedingungen gewonnen worden waren. Infolgedessen lagen diese Zahlen schon recht nahe beieinander.

Hier ist es noch nötig auf eigenartige Umstände hinzuweisen, durch die Schwankungen in den Endresultaten ebenfalls verursacht werden können. Für Messing z. B. kann die Legierung deutliche Verschiedenheiten aufweisen, wodurch mit anderen Messingfiltern abweichende Ergebnisse festgestellt werden. Auch bei Kupferfiltern können durch dichtere oder leichtere Pressung Herstellungsunterschiede auftreten.

Zunächst findet man eine Verschiedenheit in der Zeitdauer, die man braucht, um eine bestimmte Dosis an der Oberfläche eines zu bestrahlenden Körpers erreichen zu können. Wir wollen diese Dosis, die wie oben beschrieben sich als ein bestimmter Ablauf des Iontoquantimeterzeigers darstellt, mit der auch anders geübten Bezeichnung D_0 belegen.

Die verschiedenen Zeiten D_0 stellen sich dann unter gleichmäßigen Bedingungen bei geändertem Filter folgendermaßen dar:

Aluminium	3	mm	42	Sekunden
Eisen	0,5	„	101	„
Zink	0,5	„	143	„
Messing	0,5	„	176	„
Kupfer	0,5	„	193	„

Berechnet man nun aus diesen einzelnen Zeitangaben, wie sie sich zu der Zeit bei der üblichen 3 mm Aluminiumfiltrierung verhalten, so ergibt sich folgendes:

Aluminium 3 mm	:	Eisen 0,5 mm	:	Zink 0,5 mm	:	Messing 0,5 mm	:	Kupfer 0,5 mm
wie:								
1	:	2,4	:	3,4	:	4,2	:	4,6

Es steigt also die Bestrahlungszeit gegenüber der unter Aluminium verbrauchten in dieser Reihe um ein wesentliches an.

Nun nehmen wir unter den gleichen Versuchsbedingungen eine Serie von Bestrahlungen unter einer Wasserschicht von 10 cm vor. Wir bestrahlen auf den gleichen Zeigerablauf des Iontoquantimeters wie bei der Oberflächendosis, erhalten also die gleiche Dosis in der Tiefe einer Wasserschicht von 10 cm. Die Zeit muß daher für jede Bestrahlung eine wesentlich längere sein, da wir nun eine Absorption einer 10 cm dicken Wasserschicht und die Dispersion auf diesem Wege überwinden müssen.

Das Zahlenergebnis in Sekunden der gleichen Versuchsreihe wie oben ist daher folgendes:

Aluminium	3	mm	378	Sekunden
Eisen	0,5	„	717	„
Zink	0,5	„	744	„
Messing	0,5	„	933	„
Kupfer	0,5	„	1042	„

Rechnet man nun diese unter einer Wasserschicht von 10 cm gewonnenen Zeitangaben um, so erhalten wir folgendes Ergebnis:

Aluminium 3 mm	:	Eisen 0,5 mm	:	Zink 0,5 mm	:	Messing 0,5 mm	:	Kupfer 0,5 mm
wie:								
1	:	1,9	:	1,97	:	2,47	:	2,75

Es hat sich also das Zeitverhältnis in der Tiefe günstiger gestaltet, als es sich im Oberflächenverhältnis darbot. Um jedoch wirklich einen Einblick zu gewinnen, welches dieser fünf Filter unter den gegebenen gleichmäßigen Bedingungen der Absorption und der Röhre sich am geeignetsten für eine Bestrahlung unter 10 cm Wasserschicht erweist, ist es noch nötig, von dieser Filterreihe die Verhältnisse von Oberfläche und Tiefe kennen zu lernen.

Dividiert man nun die direkten Zeitzahlen der Oberfläche in der der Tiefe, so erhält man folgendes:

Aluminium 3 mm $\frac{1}{9,0}$

Eisen	0,5 mm	$\frac{1}{7,1}$
Zink	0,5 „	$\frac{1}{5,2}$
Messing	0,5 „	$\frac{1}{5,3}$
Kupfer	0,5 „	$\frac{1}{5,4}$

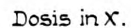
Daraus berechnet sich dann der Dosenquotient für die einzelnen Bestrahlungsversuche. Mit dem Dosenquotienten drücken wir ein Verhältnis aus, das durch den Bruch $\frac{\text{Oberflächendosis}}{\text{Tiefendosis}}$ dargestellt wird. Die durch die Ablesung am Iontoquantimeter gewonnenen Zeitzahlen lassen sich aber umgekehrt proportional als Dosen ansetzen, denn wir haben jedesmal auf den gleichen Iontoquantimeterablauf bestrahlt. Will ich daher die Dosis der Oberfläche, die wir vorher als D_0 bezeichnet haben, in der Tiefe ebenfalls erreichen, so werde ich dann an der Oberfläche eine so viel mal größere Dosis bekommen, als die für die Oberfläche abgelesene Zeit in der Zeitzahl der Tiefenbestrahlung zu dividieren ist.

Also das umgekehrt Proportionale der Sekundenzahlen der Iontoquantimeterablesungen. Reduzieren wir nun diese Divisionen auf den Faktor 10, dem wir die landläufige Meßbezeichnung der Röntgenstrahlen in x geben wollen, so kommen wir zu folgendem Ergebnis:

Wir erreichen in allen Fällen die Tiefendosis 10 x, die Oberflächenbelastung ist dann diese:

Aluminium	3 mm	90,5 x
Eisen	0,5 „	71,4 „
Zink	0,5 „	52,1 „
Messing	0,5 „	53,4 „
Kupfer	0,5 „	54,0 „

Diese ganzen Beziehungen lassen sich sehr schön an einer Zeichnung darstellen, die wir in Folgendem wiedergeben:



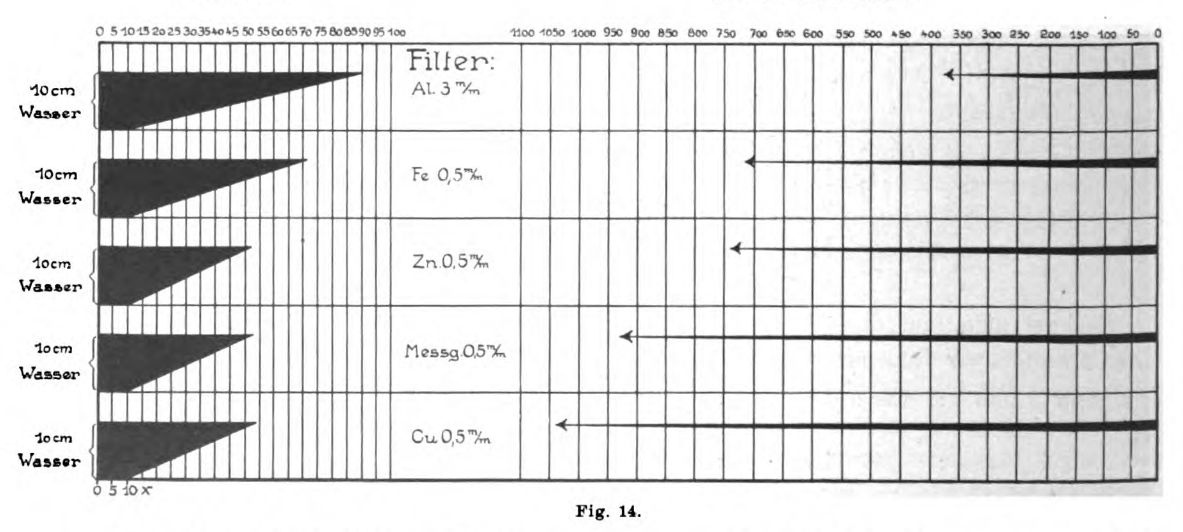


Fig. 14.

Wir sehen auf der linken Seite die verschieden große Oberflächenbelastung trotz gleicher Tiefendose von 10 x unter 10 cm Wasser, auf der anderen Seite zeigen die Pfeile die entsprechend langen Zeitverhältnisse an.

Was die prozentuale Tiefenwirkung anbelangt, so erreicht man unter einer Wasserschicht von 10 cm folgende Werte, die einer Hautoberflächenbelastung von 100 x entspräche. Dabei gilt die Anordnung gemäß der Wirklichkeit, daß nämlich der Verlust sich aus Absorption plus Dispersion zusammensetzt:

Aluminium	3	mm	$\frac{100}{11,1}$
Eisen	0,5	„	$\frac{100}{14,3}$
Zink	0,5	„	$\frac{100}{19,08}$
Messing	0,5	„	$\frac{100}{18,7}$
Kupfer	0,5	„	$\frac{100}{18,48}$

Es folgen nun noch die für diese Versuchsreihe mit den fünf Filtern Aluminium, Eisen, Zink, Messing und Kupfer festgestellten Halbwertschichten unter Wasser. Dieser exakte, von Christen eingeführte Meßbegriff wurde von uns bereits definiert. Die Art und Weise, wie er berechnet und experimentell festgestellt wird, werden wir im Nachfolgenden noch des genaueren erläutern.

Die Bestimmungen der einzelnen Halbwertschichten, deren Größe sich mit den jeweiligen Filtermaterialien und Filterdicken verändert, ergibt unter zu Grundelegung der bisherigen Verhältnisse folgende Resultate:

Aluminium	3	mm	5,0	cm	Wasser
Eisen	0,5	„	6,0	„	„
Zink	0,5	„	8,2	„	„
Messing	0,5	„	8,0	„	„
Kupfer	0,5	„	7,9	„	„

Diese Verhältnisse veranschaulicht die Zeichnung.

Halbwert-Schichten.

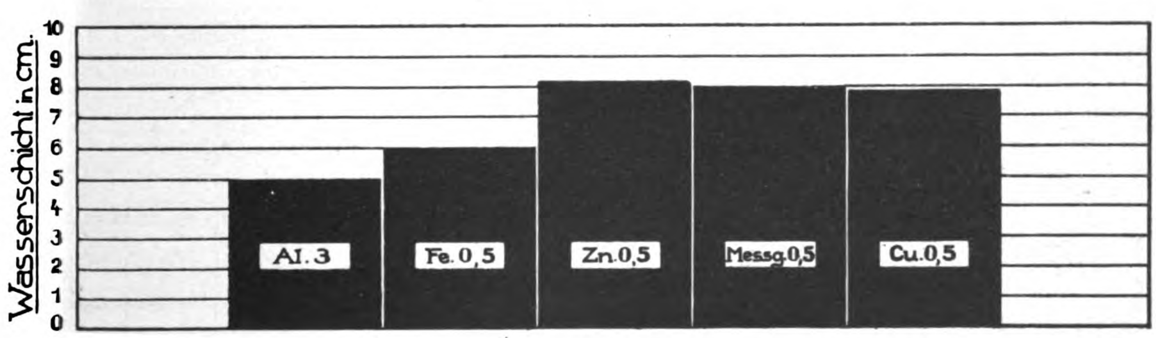


Fig. 15.

Als Endresultat bleibt uns somit die Tatsache bestehen, daß ein 0,5 mm Zinkfilter die günstigsten Verhältnisse unter den in unserem Falle zur Prüfung gestellten ergibt, die ihrerseits wieder aus einer größeren Anzahl als Filtermaterialien in Betracht kommenden Metalle sich als die brauchbarsten erwiesen hatten.

Was den Dosenquotienten anbelangt, so stehen sich hier Zink, Messing und Kupfer ziemlich nahe, ebenso auch nähern sie sich in ihren Halbwertschichten. Dagegen macht sich ein Unterschied in der Zeit, die man zur Erreichung bestimmter Tiefendosen nötig hat, zugunsten des 0,5 mm Zinkfilters wesentlich bemerkbar.

Wenn wir nun in Vorstehendem experimentell Anhaltspunkte dafür gefunden haben, daß sich der Dosenquotient unter Berücksichtigung eines nicht zu großen Opfers an Zeit für die gynäkologische Tiefentherapie verbessern läßt, so müssen wir uns auch gleichzeitig fragen, wie diese Versuchsergebnisse sich mit der theoretischen Röntgenphysik in Einklang bringen lassen. Dazu müssen wir zunächst von der festgestellten Tatsache ausgehen, daß jedes Induktorium

durch seine Spannung, Stromkurve und seinen Unterbrecher mit einer bestimmten Röhre ein davon abhängiges charakteristisches Röntgenlicht liefert, das aus mannigfachen Strahlenbündeln der verschiedensten Wellenlänge zusammengesetzt ist. Daher muß auch für jedes von einer Röhre ausgehende Strahlengemisch ein charakteristisches Spektrum bestehen. Filtrieren wir nun das komplexe Strahlenbündel, so wird durch die Absorption in dem betreffenden Filter ein gewisser Anteil herausgeschnitten, das durch das Filter hindurchgetretene Röntgenlicht hat einen bestimmten Anteil seiner Energie im Filter in andere Form verwandelt. Da man nun für die Absorption unter den Metallen eine gewisse Proportion aufstellen kann, so wäre für die Filtrierung nur die Filterdicke das in Betracht kommende Moment. Wir müssen aber noch mit einer selektiven Absorption rechnen. Es absorbieren eben die einzelnen Filter gemäß ihrer Eigenart einen Anteil der Strahlung; es kommt aber darauf an, wo das Energiemaximum im Röntgenspektrum der gefilterten Strahlen liegt. Durch die selektive Absorption wird ein bestimmter Strahlenanteil herausgeschnitten, ein Umstand, der wahrscheinlich eine Verschiebung des Energiemaximums zur Folge hat. Im günstigsten Falle hätte das Filter mit seiner selektiven Absorptionsbande gerade nur den Anteil an Strahlung, auf den wir für eine Tiefe von 10 cm Bestrahlungsstelle verzichten können, herausgeschnitten und den ganzen Anteil an härterer und härtester Strahlung hindurchgelassen. Somit kann man sagen, daß auch ein wissenschaftlicher Nachweis für ein geeignetes Filtermaterial und Filterdicke für die gynäkologischen Tiefentherapie mit Berücksichtigung einer bestimmten Apparatur möglich sein wird. Wir werden auf eine genaue Bearbeitung dieser Frage in einer weiteren Arbeit gemeinsam mit Dr. Voltz darauf eingehen.

Unterschiede in der Verwendung eines 0,5 mm Zinkfilters und eines 3 mm Aluminiumfilters.

Wenn wir der gynäkologischen Tiefentherapie als Filter das 0,5 mm Zinkfilter als am besten geeignet empfehlen wollen, so ist es vor allem nötig, unter den verschiedensten Bedingungen Bestrahlungsergebnisse zink- und aluminiumgefilterter Strahlen gegenüber zu stellen. Wir lassen in Nachfolgendem mehrere gleichmäßig angeordnete, aber unter verschiedenen Bedingungen aufgestellte Bestrahlungsprotokolle folgen.

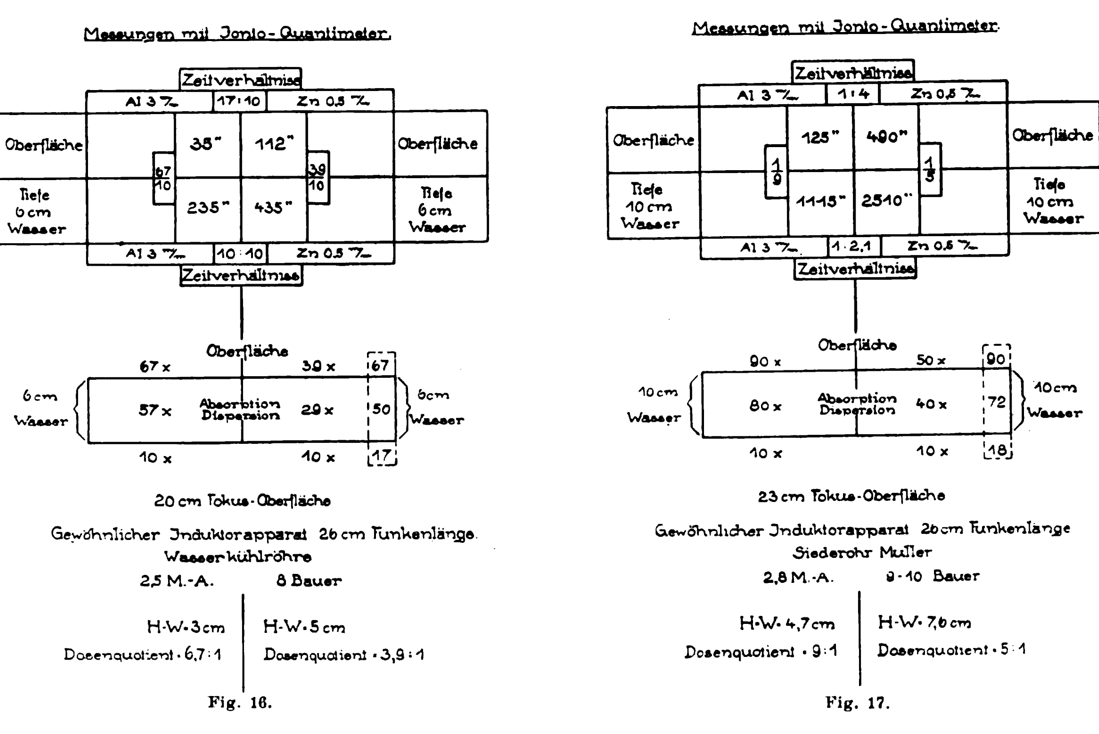


Fig. 16. Fig. 17.

Diese beiden ersten Aufzeichnungen sind herausgegriffen aus Durchstrahlungsversuchen eines 10 cm dicken Wachsblockes. Die dabei gewonnenen Werte können direkt abgelesen werden, ebenso auch sind entsprechend die Verhältniszahlen angefügt. Rechnet man nun die Zeitzahlen auf direkten Dosenwert um, so erhält man bei Aluminiumfiltrierung einen Verlust von 85 x, bedingt durch Absorption und Dispersion, bei Zink jedoch einen solchen von nur 77,7 x. Der zweite Fall ist mit etwas anderem Induktorium aufgenommen. Hier haben wir einen Absorptions- und Dispersionsverlust von 76 x bei Aluminium und von 68,8 x bei Zink. Nehmen wir nun Durchstrahlungsergebnisse in 6 und 10 cm dicken Wasserschichten vor, so erhalten wir, wie die nachstehenden Protokolle zeigen, fast die gleichen Verhältnisse, zeitlich natürlich in längerer Zeit.

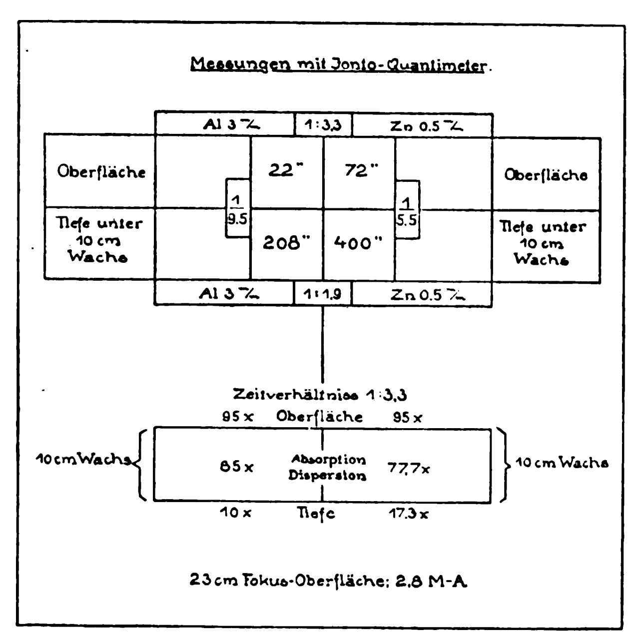


Fig. 18.

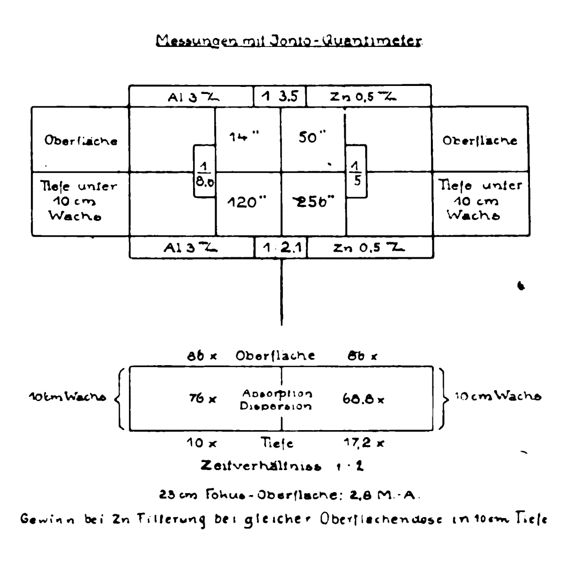


Fig. 19.

Die beste Übersicht aber über den Wert der Zinkfiltrierung gegenüber der Aluminiumfiltrierung gibt das Studium der Halbwertschicht. Wir haben diesen von Christen angegebenen Ausdruck schon mehrmals in unserer Arbeit angeführt und wollen nun näher auf die von uns geübte Bestimmung der Halbwertschicht eingehen.

Rein experimentell ließe sich gemäß der oben angegebenen Definition der Halbwertschicht eine bestimmte Strahlung auf folgende Weise bestimmen, ein allerdings etwas umständlicher Weg.

In einem bestimmten Abstand vom Fokus, nehmen wir an praktisch genommen 30 cm, stellen wir die Ionisationskammer auf. Wir bestimmen dann durch mehrere Messungen die Zeit, die man zur Erreichung einer bestimmten Dosis, fixiert durch einen bestimmten Iontoquantimeterablauf, braucht. Da nun die Christenschen Zahlen von Halbwertschichten für Wasser gelten, so schieben wir darüber nun einen Wasserkasten mit einer bestimmt hohen Wasserschicht, beispielsweise 4 cm. Nun machen wir mehrere erneute Messungen zur Bestimmung der Zeit, die wir zur Erreichung der gleichen Iontoquantimeterdosis benötigen.

Halbwertschicht wird dann durch diejenige Wasserschicht dargestellt, die bewirkt, daß wir jetzt genau die doppelte Zeit brauchen, als bei der Messung mit freiliegender Kammer. Natürlich wird man dieses Ergebnis höchstens durch Zufall auf das erstemal erreichen, daher ist es nötig, einfach halbzentimeterweise die Wasserhöhe zu steigern, bis schließlich die doppelte Zeit der zuerst gemessenen Oberflächengröße erreicht ist.

Damit ist experimentell, wenn auch in höchst ungenauer Weise, die Halbwertschicht bestimmt.

Die Untersuchungen Christens aber haben uns bestimmte Korrelationen, für die Halbwertschicht ausgedrückt in cm-Wasser, gegeben. Unter Berücksichtigung der einzelnen Abhängigkeitsfaktoren hat Christen in mathematischen Formeln die Beziehungen der Halbwertschicht einer gemessenen Oberflächendosis und Tiefendosis unter Wasser festgestellt.

Vergegenwärtigen wir uns zunächst, welche Bedeutung der Bestimmung der Halbwertschicht für die Beurteilung, speziell in unseren Untersuchungen, zukommt. Wir können für unsere Untersuchungen ruhig behaupten, daß wir in der Halbwertschicht ein Maß haben, das uns mit einer Zahl prompten Aufschluß über die Durchdringungsfähigkeit der betreffenden Strahlung gibt. Wir haben dadurch absolute qualitative Vergleichswerte der einzelnen filtrierten Strahlungen. Voraussetzung ist natürlich, daß in diesen Untersuchungen alles bis auf die Filter unter gleichen Verhältnissen ausgeführt wurde. Denn die Halbwertschicht hängt auch ab von der technischen Ausführung der Röhre, vor allem aber auch von der Spannung, die an der Röhre liegt und von den Stromimpulsen, die das Instrumentarium gibt. Daher kann man auch — ich verweise auf die neueren Untersuchungen von Voltz — praktisch die Energiekurve eines Röntgenlichtes, der Spannungskurve des Induktoriums parallel setzen. Diese Tatsache ist der beste Beweis, wie nötig es ist, auf absolut gleichartige Bedingungen bei vergleichenden Versuchen, wie es die unseren sind, zu achten.

Um nun die Halbwertschicht unter Zuhilfenahme der von Christen aufgestellten mathematischen Beziehungen auf einfache Weise zu finden, gingen wir folgendermaßen vor.

Die Iontoquantimeterkammer wurde in dem gewöhnlichen Abstand von 23 cm, in anderen Versuchen von 20 cm, unter Aluminium- resp. Zinkfilter bestrahlt und die Zeitdauer des Iontoquantimeterablaufes abgelesen. Nun wurde der Wasserkasten mit genau 10 cm Wasser auf die Iontoquantimeterkammer gestellt und die Röhre höher geschoben. Jetzt messen wir eine direkte Tiefendosis im Abstand von 30, bzw. 33 cm.

Als Resultat stehen uns jetzt zwei Zeitangaben zur Verfügung, die wir gemäß unserer obigen Auseinandersetzung reziprok als Dose zur Rechnung verwendeten. Denn aus einer gemessenen Oberflächendosis und der entsprechenden Tiefendosis muß sich die Halbwertschicht mathematisch bestimmen lassen.

Hierfür kommt in erster Linie in Betracht, daß die Röntgenphysik für den Absorptionsverlust den eine Oberflächendosis (-Intensität) erleidet, eine Formel kennt, die lautet:

$$d J_0 = k \cdot J_0 \cdot dx.$$

In dieser Formel ist das dJ_0 der Intensitätsverlust, den die Oberflächenintensität J_0 erleidet, in der unendlich kleinen Dicke dx einer bestimmten Schicht von Absorptionskoeffizienten k. Hieraus leitet sich nun die auf große Werte von x integrierte Gleichung ab:

$$J_x = J_0 \cdot e^{-k \cdot x}.$$

Hier bedeutet das J_x Strahlenintensität in x-cm Tiefe. Daraus leitet dann Christen in seiner Arbeit „Messung heterogener Röntgenstrahlen“ die mathematische Definition des Absorptionskoeffizienten:

$$k = -\frac{d \log J}{dx},$$

oder wenn wir die von Christen benutzten Bezeichnungen einsetzen:

$$a = \frac{d \log E}{dx}.$$

Diese Werte gelten eigentlich streng nur für die homogene Strahlung. Wir können jedoch, die wenigstens bis heute nicht widerlegte Annahme aufstellen, daß die aluminiumgefilterte und erst recht die zinkgefilterte Strahlung sehr nahe an die Homogenität hinreicht. Daher kann auch praktisch nur mit der Formel für homogene Strahlen gerechnet werden.

Für die homogene Strahlung aber hat Christen eine ebenso einfache wie brauchbare Formel errechnet, die das Verhältnis zwischen Hautdosis und Tiefendosis unter Benützung der Halbwertschicht ausdrückt. Die Hautdosis D_o ist die direkt auf der Oberfläche gemessene Dosis, die Tiefendosis D, die um Absorption plus Dispersion verminderte Tiefendosis. Mit w wird dann die Überschicht bezeichnet, die in unserem Falle also die 10 cm Wasserschicht ist. a ist das Zeichen der Halbwertschicht der Strahlung, r bedeutet den Fokushautabstand in cm.

Die Formel lautet daher:

$$\frac{D_o}{D} = \left(1 + \frac{w}{r}\right)^2 \cdot 2^{\frac{w}{a}}$$

Das heißt also, daß der Dosenquotient gleich ist dem Dispersionsquotienten mal dem Absorptionsquotienten.

Wir haben nun als bekannt die Hautdosis D_o und die Tiefendosis D und suchen die Halbwertschicht a. Die nunmehrige Unbekannte a berechnen wir aus dieser Formel logarithmisch und erhalten dann folgende Formel für den Wert a, die Halbwertschicht ausgedrückt in cm — Wasser:

$$a = \frac{w \cdot \log 2}{\log D_o - \log D - 2 \log\left(1 + \frac{w}{r}\right)}$$

Wir brauchen jetzt nur in unsere Formel die entsprechenden Werte, die uns sämtlich bekannt sind, einzusetzen, und können so nach Aufsuchung einiger Logarithmen dieses leicht ausrechnen.

So fanden wir denn eine längere Zahlenreihe von Halbwertschichten für parallel angestellte Versuche zwischen Zink und Aluminium, die jedesmal die bedeutende Überlegenheit zinkgefilterter Strahlen dartun.

Wir haben uns bemüht möglichst verschiedenartige Instrumentarien für die Versuche zu verwenden, um so unter wechselnden Bedingungen das Verhalten der Röntgenstrahlen zu Zink- und Aluminiumfiltern zu untersuchen. Unter den nun zu nennenden Versuchswerten sind auch Ergebnisse mit einer neuartigen Röntgenapparatur, mit der wir eine sehr gute Vergrößerung der Reichweite der Röntgenstrahlen auch im praktischen Betriebe erzielt haben. Wir werden über diese Apparatur, anschließend an diese Arbeit, ausführlich berichten.

Es folgen nun einige Versuchsergebnisse:

1. Gewöhnliches Induktorium, 40 cm Schlagweite, 26 cm Parallelfunkenstrecke.
   Gasunterbrecher, 2400 Unterbrechungen pro Minute.
   Wasserkühlröhre (R. G. & S.).
   2,5 Milliampère Belastung, $8^1/_2$ Bauerausschlag.
   Halbwertschicht: Aluminium 8,0 cm Wasser.
   Zink 5,0 „ „

2. Gewöhnliches Induktorium, 40 cm Schlagweite, 32 cm Parallelfunkenstrecke.
   Gasunterbrecher, 2000 Unterbrechungen pro Minute.
   Siederohr (Müller).
   2,8 Milliampère Belastung, 9 Bauerausschlag.
   Halbwertschicht: Aluminium 3,8 cm Wasser.
   Zink 6,1 „ „

3. Apex Therapieapparat: 40 cm Schlagweite, 32 cm Parallelfunkenstrecke.
   Gasunterbrecher, 1800 Unterbrechungen pro Minute.
   Duraröhre (R. G. & S.).
   3 Milliampère Belastung, 9—10 Bauerausschlag.
   Halbwertschicht: Aluminium 4,4 cm Wasser.
   Zink 7,0 „ „

4. Neues Symmetrieinduktorium (R. G. & S.) 58 cm Schlagweite, 42 cm Parallelfunkenstrecke.
Gasunterbrecher, 1600 Unterbrechungen pro Minute.
Siederohr (Müller) mit Kathodenkühlung.
3 Milliampère Belastung, 10 Bauerausschlag.
Halbwertschicht: Aluminium 5,4 cm Wasser.
Zink 8,6 „ „
5. Neues Symmetrieinduktorium (R. G. & S.), 58 cm Schlagweite, 42 cm Parallelfunkenstrecke.
Gasunterbrecher, 1600 Unterbrechungen pro Minute.
Duraröhre (R. G. & S.).
3 Milliampère Belastung, 10 Bauerausschlag.
Halbwertschicht: Aluminium 5,4 cm Wasser.
Zink 8,5 „ „

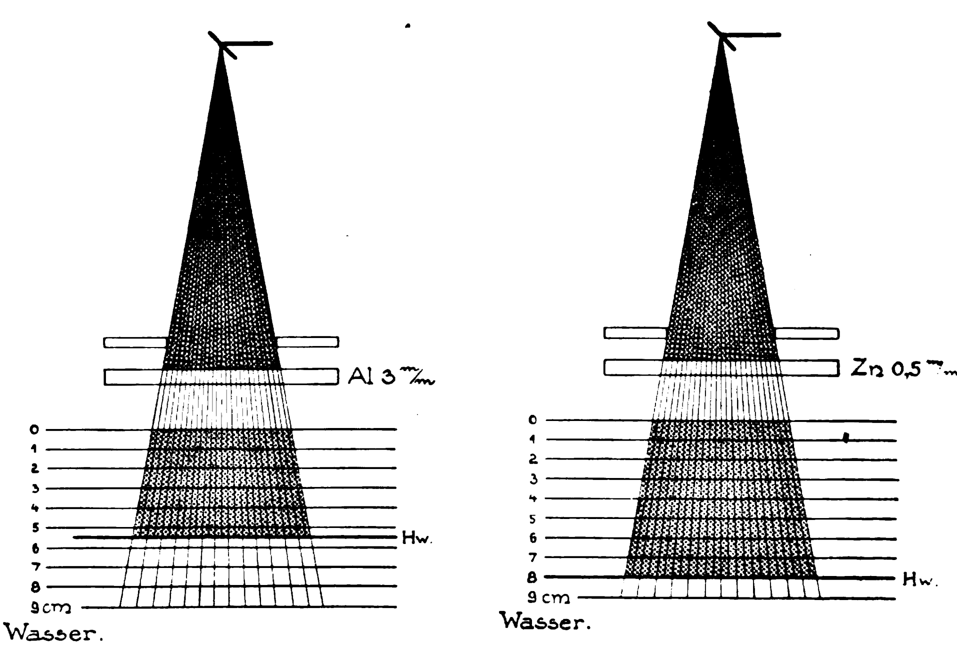


Fig. 20.

Wiederum zeigt sich also trotz mannigfacher Versuchsanordnung, daß die Halbwertschicht zinkgefilteter Strahlen der Halbwertschicht aluminiumgefilteter Strahlen für jegliche Systemanordnung bedeutend überlegen ist.

Verwendung von Zinkfiltern in der Praxis.

Was haben wir nun aus den Resultaten, die in diesen Untersuchungen niedergelegt sind, für gewinnbringende Schlüsse für die Röntgenstrahlung am Menschen zu ziehen? Wir sind zu Ergebnissen gekommen, die gleichlautend dafür sprechen, daß es möglich ist in einer Tiefe unter 10 cm Wasser und mehr eine bedeutend größere Dosis Röntgenstrahlen zu applizieren, als bei Filtrierung mit 3 mm Aluminium, trotz gleicher Hautbelastung. In der Literatur finden wir nun des Öfteren die Meinung vertreten, daß der Absorptionskoeffizient des Wassers dem des menschlichen Gewebes ziemlich gleich zu setzen sei. Bis jetzt ist ja diese Meinung nirgends widerlegt. Setzen wir daher die 10 cm Wasserschicht den für die gynäkologischen Tiefentherapie durchschnittlich in Betracht kommenden Gewebstiefen gleich, so können wir ohne

weiteres unsere Resultate auf diese übertragen. Selbst wenn es sich mit dem gleichen Absorptionskoeffizient nicht so verhält, kann der Fehler kein großer sein, da wir ja gefunden haben, daß die besseren Dosenquotienten dem 0,5 mm Zinkfilter in allen durchstrahlten Medien, sei es Wachs, Wasser, Blut oder Serum, gleich kommt.

In die Bestrahlungspraxis am Menschen übersetzt, werden wir dann als Ergebnisse unserer Untersuchungen aufstellen: durch die Bestrahlung unter 0,5 mm Zinkfilter können wir in der Tiefe von 10 cm in einer Sitzung die doppelte Dosis verabreichen mit ungefähr der gleichen Hautbeanspruchung wie bei aluminiumgefilterter Strahlung. Setzen wir also als die bei der bisherigen Aluminiumfilterung bestehende oberste Grenze die Erythemgrenze, so wird man durch die Zinkfiltrierung bei der Bestrahlung bis zur Erythemgrenze die doppelte Dosis in der Tiefe erreichen. Eigentlich müßte man sagen, man kann die doppelte Dosis in einer Sitzung zum mindesten erreichen, denn es hat sich am Menschen günstiger als im Experiment zu ersehen war, herausgestellt, daß die durch 0,5 mm gefilterten Strahlen in geringerem Maße erythemreizend für die Haut waren. Der Grund dürfte wohl darin zu suchen sein, daß die harten Strahlen überhaupt viel weniger in der Haut absorbiert werden. Wir konnten immer wieder die Erfahrung machen, daß das Dreieinhalbfache der Bestrahlungszeit, die für Aluminiumfilterung als Erythemdosis sich feststellen ließ, unter Zinkfiltrierung noch keine Reizung der Haut hervorrief.

Das Dosenverhältnis gestaltete sich daher noch besser, als nach der Berechnung vom Aluminium aus anzunehmen war.

Natürlich haben wir diesen Gewinn erreicht auf Kosten einer längeren Bestrahlungsdauer, denn wir haben ja gezeigt, daß das Zeitverhältnis unter 10 cm Wasser zwischen alumium- und zinkgefilterter Strahlung wie 1 : 9,9, bzw. wie 1 : 2 ist. Daher muß man dann zur Erreichung der doppelten Tiefendosis $3^1/_2$—4 mal so lange bestrahlen.

Nun ließ sich einwenden, daß das Opfer an Zeit dem Gewinn einer doppelten Tiefendose nicht entspräche, da man denselben Effekt mit Aluminium durch öfter und kürzer dauernde Bestrahlungen erreichen könnte. Dem gegenüber ist aber zu bedenken, daß der Gewinn einer doppelten Tiefendose in einer Sitzung nicht allein in dem zahlenmäßigen Verhältnis 1 : 2 zu erblicken ist, hier spielen andere Faktoren noch eine wesentliche Rolle. In Wirklichkeit ist nämlich die auf einmal gegebene doppelte Dosis viel höher einzuschätzen. Es ist doch wahrscheinlich, daß Zellen in der Tiefe durch die Dosis der ersten Sitzung bei der Röntgenbehandlung nicht abgetötet sind, sondern nur geschädigt werden. Muß man also zur Applizierung der gleichen Dosis wieder vier Wochen warten, dann hat sich die röntgengeschädigte Zelle wieder bedeutend erholt. Die zweite Dosis muß dann zum Teil darauf verwandt werden, diese Erholung wieder zunichte zu machen. In der Umgehung dieses Umstandes liegt also der große Wert der Doppeldosis.

Gar erst beim Karzinom spielt die Doppeldosis in einer Sitzung eine sehr große Rolle. Hier kommt es doch darauf an, eine möglichst hohe Strahleneinwirkung zu erzielen. Es ist in diesem Falle ohne weiteres eine Methode als überlegen zu erachten, die in jeder Sitzung die doppelte Dosis, als bisher zu erreichen war, ermöglicht. Denn beim Karzinom ist es nicht gleichgültig, wie eventl. bei den klimakterischen Blutungen oder bei Myomen, ob der Bestrahlungserfolg einige Wochen früher oder später eintritt.

Unsere Bestrahlungstechnik ist daher die, daß wir nun drei Felder quer über den Leib in der Größe 8 : 10 cm verabfolgen; jedes Feld wird 60 ja bis zu 80 Minuten bestrahlt. Gegebenenfalls erhält auch die Patientin zwei Rückenfelder. Bestrahlungen durch die Scheide nehmen wir aus dem eingangs erwähnten Grunde nicht mehr vor.

Diese lange ausgedehnte Bestrahlungsdauer halten wir für keine unangenehme Zugabe, sondern für ein wichtig zu bewertendes Moment.

Bei der zeitlich so lange fortgesetzten Bestrahlung entsteht ebensolange eine ausgiebige Sekundärstrahlung im Körper. Die großen Einfallsfelder sind berechtigt durch die Gewißheit,

eine doppelt so große Tiefendose als bisher zu erreichen und gleichzeitig einen großen Gewebskegel zur Sekundärstrahlung zu veranlassen.

Was uns das Experiment gelehrt hat, das hat die Therapie vollauf bestätigt: wir erreichen heute Erfolge, wie sie mit der Aluminiumfiltrierung in so kurzer Zeit nicht möglich waren. Kurz sei erwähnt, ohne der klinischen Veröffentlichung vorzugreifen, daß wir Myomblutungen und Metropathien in überraschend kurzer Zeit heilen. Die Erfolge beim Karzinom müssen auch als äußerst günstig bezeichnet werden.

Aus der medizinischen Klinik II des Königl. Serafimerlazarettes zu Stockholm.

Die Pseudoepiphysen ein Stigma der endokrinen Hemmung des Skelettenwachstums.

Von

Arnold Josefson, Dozent d. inn. Med.

(Hierzu Tafel XVII, Fig. a, b, c.)

In meiner neulich erschienenen Arbeit: „Om endokrina skelett — och utvecklingsrubbningar" mache ich mit diesen Worten darauf aufmerksam, daß bei den endokrinen Störungen die sogenannten Pseudoepiphysen in Hand und Fuß so oft vorkommen (S. 281): „Welche Bedeutung man diesen Pseudoepiphysen zuerkennen soll und ob sie vielleicht vorzugsweise bei endokrinen Störungen vorkommen, lasse ich bis weiteres dahingestellt."

Heute, seitdem ich die Tatsache näher geprüft habe, kann ich mich sicherer aussprechen. Meine Ahnung, daß die Pseudoepiphysen als ein Stigma einer endokrinen Hemmung des Skelettenwachstums betrachtet werden müssen, hat sich als richtig erwiesen. Ein Studium der Röntgenplatten meines eigenen endokrinen, reichlichen Materials, sowie Angaben und Bilder in der Literatur, welche ich durch meine Operationen veranlaßt, später gemacht habe, bestätigen die Richtigkeit meiner Theorie.

Bei 27 heranwachsenden Individuen mit deutlichen endokrinen Hemmungserscheinungen fand ich Pseudoepiphysen (ich schreibe sie Ps. Ep.) in 15 d. h. 55%.

In der älteren anatomischen Literatur wird schon von den Ps. Ep. als Anomalien gesprochen. Über ihre tiefere Ursache finde ich kein Wort angegeben.

Erst mit den röntgenologischen Untersuchungen wurden sie auch klinisch beobachtet; viel ist aber in dieser Hinsicht nicht in der mir zugänglichen Literatur zu finden.

Siegert[1]) schreibt in seinem Kapitel über das Myxödem im Kindesalter (S. 579): „Beim Mongoloiden zeigt der Metakarpus des Index am medialen Ende häufig eine Art Knopfbildung. Wo sie, stets symmetrisch, auftritt, pflegt ihr parallel zu gehen eine analoge Veränderung an der Grundphalange des Daumens an deren distalem Ende. Als degeneratives Zeichen der Skelettbildung beim Idioten verdient diese Erscheinung besonderes Interesse[2])". Auf der Seite 596 findet man unter den „Verschiedenheiten des Mongolismus und des Myxödems": „Handskelett bei Mongolismus . . . häufige Mißbildung der medialen Metakarpusteile, besonders am Metakarpus I, sowie distal an der ersten Phalanx des Daumens; — bei Myxödem — entsprechende Mißbildung, aber öfter an allen Metakarpen."

Bei einer Musterung seiner Röntgenplatten fand Köhler[3]) Ps. Ep. an sämtlichen Metakarpalbeinen in einem Fall. Bei näherer Nachforschung fand er jetzt, daß die Bilder von einem infantilen Myxödem herstammten. Er bezeichnet seinen Fall als alleinstehend. In einem Fall von Myxödema infantile, welches Looft[4]) beschreibt, finde ich Ps. Ep. an seinen Bildern,

---

[1]) Ergebnisse d. inn. Med. u. Kinderheilk. 1910, Bd. 6.
[2]) Von mir kursiviert.
[3]) Fortschr. auf dem Geb. d. Röntgenstrahlen 1912, S. 279.
[4]) Med. Revue 1914, S. 294.

so auch in dem interessanten Falle Edbergs[1]) (multiple Exostosen), das als endokrines bezeichnet wird. (Edberg hat mir später seine Platten zur Verfügung gestellt.)

Bircher[2]) sagt in seiner Arbeit über den Bau des Kretinenskelettes kein Wort über die Ps. Ep. In seinen reichlichen Röntgenogrammen finde ich aber Ps. Ep. in der großen Mehrzahl der Fälle (11, 12, 13, 15, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 28, 31, 32 — sämtlich junge Kretins, und 46, 47, 48 junge Zwerge), wenn ich die Bilder recht verstehe.

Nur bei Siegert (l. c.) finde ich ein Wort über die Genese der Ps. Ep. Er bezeichnet sie als „degenerativ". In meiner oben zitierten Arbeit zeige ich schon, wie oft endokrine Störungen als degenerativ bezeichnet worden sind. So auch hier![3])

Unter meinen 27 Fällen von Heranwachsenden mit endokrinen Störungen fand ich Ps. Ep. in 15. D. h. 55 % sämtlicher heranwachsenden und endokrin gehemmten Individuen zeigten sich Ps. Ep. Ich gebe sie nicht alle wieder. Ich zeige hier das Bild von einem Falle von Hyporchismus mit Ps. Ep. am I., II. und IV. Metakarpalbeine (Fig. a) und ein Bild von einem infantilen Myxödem (Fig. b) mit Ps. Ep. und ein von einem hypothyreoischen Knaben (Fg. c) auch mit Ps. Ep. Die Krankengeschichten werden in meiner Arbeit (l. c.) wiedergefunden (Nr. IV, XV, XIX). Von besonderem Interesse ist es zu erzählen, wie ich bei der Revision meiner älteren Fälle auch Ps. Ep. bei zwei von den drei Brüdern jetzt fand, welche als Ausgangspunkt meiner Lehre von der Dentition als eine endokrine dienten[4]) und die alle drei Hemmungen der inneren Sekretion zeigten.

Um schließlich zu sehen, ob ich recht hatte, sah ich eine größere Menge von Röntgenplatten durch, deren Ursprung mir unbekannt war. Israel Holmgren stellte mir gütigst seine reichhaltige Sammlung von Röntgenbildern zur Verfügung. Es waren sämtliche Bilder, die er als Basis für seine schöne Forschungen über das Längenwachstum bei Basedowscher Krankheit und über die Ossifikation im allgemeinen[5]) schon gebraucht hatte. In seiner Arbeit steht Nichts von Pseudoepiphysen. Wäre meine Lehre richtig, sollte ich also in Fällen von jugendlichem Basedow (oder richtig Hyperthyreoidismus) keine Ps. Ep. finden. Ohne also was von den Fällen im voraus zu wissen, sah ich also das Material mit meinen Assistenzärzten durch. Das Resultat zeigte jetzt erst richtig, wie richtig meine Lehre ist. Ich sah die Röntgenbilder von 52 heranwachsenden Fällen mit verschiedenem Ursprunge durch. In 13 (ein unsicherer) wurde ich jetzt von Ps. Ep. überrascht. Forschte ich jetzt aber nach, woher die Bilder stammten, fand ich folgendes: In 8 von diesen hatte Holmgren besonders bemerkt: „Infantilismus" — in 1 war die Patientin, die eine kleine Struma hatte, „13 cm kürzer als normal", in 2 war „die Schildrüse klein", in 1 fehlten Angaben und in 1 war die Thyreoidea normal, der Knabe aber „1,4 cm größer als normal" (Ps. Ep.?). In keinem Falle mit Basedowsymptomen fand ich Ps. Ep. — Unter den 39 Fällen ohne Ps. Ep. fand ich einen „infantilen". Diese Nachprüfung zeigte also bestimmt, daß die Ps. Ep. keine Zufälligkeit ist.

Was die Bildung der Ps. Ep. betrifft, werden sie heutzutage nicht als selbständige Epiphysen aufgefaßt. Pfitzner[6]), dem sich Freund[7]) anschließt, erklärt ihre Bildung in folgender Weise. Die Ps. Ep. entstehen dadurch, daß das enchondral vordringende Knochengewebe nicht in geschlossener Front wie unter normalen Umständen vordringt, sondern einen isolierten Sproß vorwärts treibt, der an einem gewissen Punkte angekommen, sich von hier konzentrisch ausbreitet und so eine sekundäre, nicht selbständige, sondern nur unvollständig abgegliederte Epiphyse entstehen läßt.

---

[1]) Nord. Med. Arkiv. 1914, I, Nr. 29.

[2]) Fortschr. auf d. Geb. d. Röntgenstrahlen. Ergänzungsband 21, 1909.

[3]) In Faltas Arbeit (Erkrankungen der Blutdrüsen) finde ich (S. 252) ein schönes Bild mit Ps. Ep. in der Hand. Es stammt von einem 15jährigen, endokrin gehemmten Knaben.

[4]) Neur. Zentralblatt 1911 u. Deutsches Archiv f. klin. Med. 1914.

[5]) Einfluß d. Bass. Krankh. auf das Längenwachstum usw. 1909.

[6]) Zeitschr. f. Morph. u. Anthr. 1900, Bd. 2.

[7]) Zeitschr. f. Morph. u. Anthr. 1905, Bd. 8.

Die Ps. Ep. sind als ein endokrines Stigma aufzufassen. Ihr Vorkommen bedeutet eine endokrine Hemmung des Skelettenwachstums[1]).

Nachtrag. In den letzten Tagen habe ich eine Observation bei einem Kretinen gemacht, die soweit ich es verstehe, meine Meinung über die Pseudoepihysen sehr bekräftigt. Bei einem 14jährigen, bis jetzt nie behandelten Kretinen zeigte die Röntgenuntersuchung ein Skelett, das ungefähr dem zweiten Lebensjahr entsprach. Nach einer Schilddrüsenbehandlung mit großen Dosen trat schon nach einem Monate eine höchst eminente Verbesserung auf. Von besonderem Interesse war dabei zu finden, wie im Fuße eine Pseudoepiphyse am ersten Phalanx der großen Zehe jetzt erschienen ist. Nach noch einem halben Jahre ist die Ps. Ep. breiter geworden.

Aus der III. med. Klinik (Vorstand Prof. Chvostek) in Wien.

Über Eventratio diaphragmatica.

Von

Privat Dozent Dr. **Karl Glaessner.**

(Hierzu Tafel XV und XVI, Fig. 1—10[2]).)

Befinden sich dort, wo normaliter die Organe der Brusthöhle sich vorfinden sollen, Organe der Bauchhöhle, so kann es sich um zwei Anomalien handeln: Entweder sind die Organe der Bauchhöhle durch einen Schlitz des Zwerchfelles in den Thoraxraum getreten, man spricht dann von Hernia diaphragmatica, oder das Zwerchfell ist in seiner Kontinuität wohl erhalten, aber so gegen die Brusthöhle zu vorgewölbt und ausgedehnt, daß es einen in diese hineinragenden Sack bildet, in welchem die Bauchorgane liegen, welche in diesen Sack hineingezogen sind, man nennt diesen Zustand Eventratio diaphragmatica oder Relaxatio diaphragmatica oder Zwerchfellinsuffizienz. Die Zwerchfellhernie, die man wieder je nach dem ein peritonealer Bruchsack besteht oder nicht, in echte und falsche einteilt, unterscheiden sich also im wesentlichen dadurch von der Eventratio diaphragmatica, daß bei letzterer eine Kontinuitätstrennung des Diaphragma fehlt, mithin alle drei Schichten: Pleura, Muskelplatte und Peritoneum mehr weniger vollkommen erhalten sind. Betrachtet man die Zahl der bisher festgestellten Fälle von Eventratio diaphragmatica so ist man überrascht, daß nur sehr wenige Fälle bisher beobachtet worden sind. Bergmann (1), dem wir die letzte größere Zusammenstellung auf diesem Gebiete verdanken, zitiert 31 Fälle von Eventratio diaphragmatica, die aber keineswegs alle als solche sichergestellt sind. Wenn ich kurz auf die bisherige Kasuistik eingehen will, so scheint der erste derartige Fall von Pyl (2) (1783) beschrieben worden zu sein, es folgt Meckel (3) (1809) Lacher und Cruveilhier (4), der zum erstenmal den Namen Eventratio diaphragmatica in die Literatur einführt, weiteres Howald, Thoma (5), Tennant (6) Laenec. Thoma beschreibt gleich zwei Fälle, deren erster einen 75jährigen Mann betraf, bei welchem ebenso wie bei Fall II (29jährigen Mann) die Diagnose bei der Sektion festgestellt wurde. Bei beiden Fällen handelte es sich um eine Eventratio diaphragmatica sinistra mit Verdrängung des Herzens nach rechts, im Zwerchfellsack befand sich neben dem Magen auch die Milz und das Colon transversum teilweise, das Zwerchfell war enorm gedehnt hatte aber alle drei Schichten, nur war in Fall I die mittlere Schicht in langgezogene glänzende Sehnenfäden umgewandelt, die eine schleierförmig durchbrochene Membran bildeten.

Der Fall Struppler (7) wird vom Autor als Hernia diaphragmatica aufgefaßt, klinisch fanden sich bei ihm: traumatische Ursache, gurrendes Geräusch nach Zufuhr von Flüssigkeiten, das Littensche Phanomen rechts vorhanden, links fehlend; die Röntgenaufnahme ergibt aber Bilder, welche die Diagnose der E. V. wahrscheinlich machen, wie das auch von Arnsperger behauptet wird.

---

[1]) In der Schwed. ärztl. Gesellsch. (Hygiea) habe ich 1915, 2. November, diese Theorie veröffentlicht.

[2]) Die Abbildungen sind leider seitenverkehrt wiedergegeben: Die rechte Seite sollte auf den Bildern links, die linke rechts erscheinen.

Fall Doering (8) zeigte klinisch über der linken Lunge von der 3. Rippe vorn resp. der 4. Rippe rückwärts Tympanie bzw. Schachtelton, das Herz war nach rechts verlagert, auskultatorisch fand sich Gurren und Kollern über der genannten Zone. Die Sektion ergab die Umwandlung der rechten Zwerchfellhälfte in einen großen häutigen Sack, linke Lunge dreilappig.

Der folgende Fall ist von zwei Autoren Widemann (9) und Glaser (10) genauer beschrieben. Es wurde bei demselben wegen Erscheinungen von Einklemmung einer Hernia diaphragmatica von Körte die Operation vorgenommen, bei welcher sich kein Schlitz des Zwerchfells fand; bei der bald darauf folgenden Sektion — der Patient war einem Ca. linguae erlegen — fand sich Atrophie des linken Zwerchfells, dessen Muskulatur völlig angelegt war Benda (11) aber weiße Farbe hatte, bis auf den Rand des Hiatus der rot gefärbt war. Klinisch war bei diesem Falle folgendes charakteristisch: wiederholt angeblich Pleuritis, linker Thorax vorgewölbt in den unteren Partien, links vorne bis zur 3. Rippe Tympanismus, links hinten Dämpfung, auskultatorisch darüber metallische Geräusche. Die Röntgenaufnahmen ergab: Magen in der Brusthöhle verlagert, nach oben gedreht. Glaser spricht sich für eine in frühester Jugend erworbene Anomalie aus. Kompliziert war das Leiden durch Hämatemesis und starke Atembeschwerden.

Einer der bekanntesten Fälle von Eventratio diaphragmatica ist der Fall des Patienten Schneider, der auch wiederholt auf Kongressen vorgestellt wurde und einmal als Hernia diaphragmatica ein andermal als Eventratio diaphragmatica diagnostiziert wurde. Von dem ersten Beobachter Volkmann als Dextrocardie aufgefaßt, später von Becker (12) ebenso gedeutet wurde dann von Hirsch (13) die Diagnose Hernia diaphragmatica gestellt; erst Hildebrandt und Heß (14) stellten die richtige Diagnose Eventratio diaphragmatica. Die physikalische Untersuchung ergab zu verschiedenen Zeiten der Verdauung Darmgeräusche über der Dämpfung links, ferner verhielt sich der Druck im Magen normal, während er nach Untersuchungen dieser Autoren bei Hernia diaphragmatica das entgegengesetzte Verhalten zeigen soll, d. h. bei Inspiration sinkt zunächst der Magendruck infolge der Erweiterung der Brustbauchhöhle um dann bei der Kontraktion und dem Tiefersteigen des Zwerchfells bis zur Höhe der Inspiration anzusteigen, die Exspiration führt erst Sinken des Druckes durch Erschlaffung und Hochsteigen des Zwerchfells herbei, dann kommt es zur Steigerung des Druckes infolge des Wirkens der Bauchpresse. Die Röntgenuntersuchung ergab: Rechtsverlagerung des Herzens, das Zwerchfell stand links bis zur 2. Rippe, seine Bewegungen waren synchron der rechten Seite, der bogenförmige Schatten war selbst bei heftigen Verschiebungen des Magens konstant. Die Sektion ergab nach Eggeling (15) die Richtigkeit der Diagnose: der Magen war um die Cardia um 180 gedreht, das linke Zwerchfell war bis zur 2. Rippe ausgedehnt, Herz nach rechts verlagert, linke Lunge auch dreilappig, linker Leberlappen gering ausgebildet.

Beltz (16) hat drei Fälle publiziert. Bei dem ersten Fall handelte es sich um eine 54jährige Frau, Pleuritis in der Anamnese, gegenwärtig Magenbeschwerden. Physikalisch bestand Dämpfung links unten, daselbst fehlende Verschieblichkeit.

Die Röntgenuntersuchung ergab die typische Bogenlinie links, große Magenblase, Herz wenig verdrängt. Fall II einen 71jährigen Mann mit Magenbeschwerden und stechenden Schmerzen links, die Röntgenuntersuchung zeigte zwei charakteristische Bogenlinien in der Höhe der 4. linken Rippe, große Magenblase, gleichsinnige respiratorische Bewegungen, die links etwas geringeren Umfang haben als rechts, Litten rechts vorhanden, links fehlend; die zweite Bogenlinie faßt Beltz als Begrenzung des Magens auf; das Herz war nur wenig nach rechts verdrängt. Fall III wurde erst bei der Obduktion erkannt, hier war der linke Nervus phrenicus atrophisch.

Herz (17) demonstrierte einen Fall eines 36jährigen Mannes mit akuter Magenblutung, leichter Asymetrie des Thorax, links hinten unten Tympanismus, Dextrokardie.

Die Röntgenuntersuchung ergab: Differenz des Zwerchfellstandes rechts und links 10 cm, bei oberflächlicher Atmung links Ruhe, bei tiefer Atmung geringe Exkursionen, die aber beiderseits gleichsinnig sind, Herzschatten nach rechts verschoben. Linke Zwerchfellhälfte führt ihre

Bewegungen nach unten und rechts aus, ebenso bewegt sich das Mediastinum nach rechts unten (durch Zug der kräftigeren rechten Zwerchfellhälfte). Für Eventratio sprach die gleichsinnige Bewegung des linken Schattens, die normalen Respirationsbewegungen der unterhalb der Bogenlinie befindlichen Abdominalorgane.

Fall Kienböck (18), den Arnsperger (19) auch zur Eventration rechnet, scheint nach seiner traumatischen Entstehung und dem veröffentlichten Röntgenbefund doch eine Hernia diaphragmatica zu sein, für welche Diagnose sich auch Kienböck entschied, auch der Fall Lotze, welcher als Eventratio diapragmatica publiziert wurde, erwies sich bei der Sektion als Hernia diaphragmatica. Auch hier war in der Anamnese eine traumatische Ursache angegeben. Beide Fälle scheiden also aus unseren Betrachtungen aus.

Der Fall von Arnsperger (19) betraf ein 20jähriges tuberkulös belastetes Mädchen, in der Anamnese ein Trauma, gegenwärtig Herzklopfen, Stechen in der linken Brustseite kurz nach dem Essen; links hinten unten über der Lunge wechselnder Befund. Der Röntgenbefund: Herzschatten nach rechts gerückt, Herz in Mittelstellung, rechtes Lungenfeld dunkel, links zwei Bogenlinien; die erste verläuft links bis zur Höhe der 2. Rippe und teilt das Lungenfeld in zwei Partien, eine hellere untere und eine dunklere obere, die zweite Linie geht von den seitlichen Partien der scharfen oberen Linie nach abwärts. Bei der Inspiration macht die Bogenlinie erst einen kleinen Ruck nach aufwärts um dann nach abwärts zu steigen, der Magen ist nach aufwärts geklappt, der Ösophagus biegt nach oben um. Arnsperger hält die obere Linie für das Zwerchfell, da sie unveränderlich bleibt bei Lagewechsel, Nahrungsaufnahme, bei Wirkung der Bauchpresse, ferner wegen ihres Verhaltens bei der Atmung, endlich deshalb weil bei Füllung des Magens eine Zone zwischen Magenwand und der scharfen Bogenlinie entsteht. Die zweite Linie hält der Verfasser für einen Zwerchfellschenkel, da sie sich genau so verhält, wie das Zwerchfell und wahrscheinlich als hinterer im Profil gesehener Zwerchfellschenkel aufzufassen ist. Diesen Fall hält Arnsperger für nicht kongenital, sondern traumatisch entstanden.

Königers (20) Fall wird von diesem Autor eigentlich unentschieden gelassen, wenn er sich auch eher der Diagnose Hernia diaphragmatica zuneigt. Es handelte sich um eine 27jährige Frau, die über reißende Schmerzen auf der linken Brustseite klagte, eine Verwölbung des linken Thorax und Zurückbleiben der Atmung links aufwies; links hinten unten war eine Dämpfung zu konstatieren mit abgeschwächtem Atemgeräusch, links vorn bestand von der 2. Rippe ab tympanitischer Schall, die Herzdämpfung war rechts zu konstatieren, links auskultatorisch metallische Phänomene, Plätschern besonders nach größerer Flüssigkeitszufuhr. Röntgenuntersuchung ergab Dextrokardie, links bogenförmige Linie, darunter großer lufthaltiger Hohlraum (Magen), Bewegungen der Bogenlinie bei der Respiration fehlten.

Der Fall von Otten und Schefold (21) betraf einen 62jährigen Mann, der Beschwerden beim Verschlucken von Fleisch aufwies, es blieb eine eingeführte Magensonde bei 40 cm stecken, der linke Thorax war vorgewölbt und wies von der 3. Rippe ab tympanitischen Schall auf, auskultatorisch Gurren von der 4. Rippe ab, kein Atemgeräusch über diesen Partien. Die Perkussion zeigte zwischen 4.—7. Rippe zwei Hohlräume nebeneinander, deren Grenze in der Mammillarlinie sich befand, das Herz rechts gelegen. Ein dünner Katheter passierte den Ösophagus anstandslos, dicker Schlauch kam einmal bis 40 cm, ein andermal kam er glatt in den Magen. Röntgenuntersuchung ergab: Links Bogenlinie, die sich gleichsinnig mit dem rechten Zwerchfellschatten bewegt, unterhalb mehrere helle Felder, das mediale Feld der Magen, das laterale Darmschlingen.

Der Fall Scholz (22) bei einem Neugeborenen scheint eine Eventratio diaphragmatica zu sein, doch deutet ihn der Autor als Hernia diaphragmatica.

Becker (12) beschreibt einen Fall bei einem 25jährigen Manne, Symptome: Druck nach den Mahlzeiten in der Magengegend, ebenso bei linker Seitenlage, bei längerem Reden (es handelte sich um einen Priester). Klinisch links hinten unten Tympanie, metallische Geräusche,

Herz ein wenig nach rechts verlagert; Röntgenuntersuchung: Herz median gelagert, links Bogenlinie bis zur 4. Rippe reichend, normal gerichtete Verschieblichkeit, aber geringer als rechts; bei Aufblähung des Magens Höhersteigen der Bogenlinie, bei noch stärkerer Aufblasung des Magens Senkung der Magenblase.

Der Fall von Franck (23) ist sehr ähnlich dem von Otten und Schefold, es handelte sich um einen 73jährigen rechts gelähmten Patienten, dessen linke Brustseite bei der Percussion von der 3. Rippe ab Darmschall ohne Atemgeräusche zeigte. Radiologisch eine Bogenlinie links synchron mit dem rechten Zwerchfellschatten beweglich, oberhalb normale Lungenzeichnung, unterhalb zwei Felder ein mediales: der Magen, ein Laterales die enorm gedehnte Flexura lienalis darstellend, deren Haustra sichtbar waren. Nach seinen Ausführungen scheint das ätiologische Moment bei der Entstehung des Leidens das Verhalten der Flexura lienalis zu sein. Weder die synchrone Bewegung des linken bogenförmigen Schattens, noch der Jaminsche Phrenicusreflex, sichert die Diagnose, erst im Zusammenhang mit der negativen traumatischen Anamnese kann man an Eventratio diaphragmatica denken.

Appel (24) stellt in seiner Inauguraldissertation einen Fall von Eventratio diaphragmatica zur Diskussion. Bei einer 66jährigen Frau findet sich die Herzdämpfung rechts, nach Nahrungsaufnahme trat zwischen 5. und 10. Brustwirbel Schallverkürzung auf, während in nüchternem Zustand dort Tympanismus bestand. Radiologisch: links Bogenlinie biz zur 3. Rippe, keine respiratorischen Bewegungen daselbst, bei wiederholter Durchleuchtung lassen sich zwei Bogenlinien darstellen, die zweite untere ist stärker gekrümmt und stellt — nach Bi-Füllung — die Magenwand dar.

Eppinger (25) erwähnt in seiner Monographie drei eigene Beobachtungen, ohne sie jedoch zu beschreiben, diese Fälle scheiden somit für unsere Betrachtungen aus.

Scheidemandel (26) beschreibt zwei eigene Fälle. Fall I betrifft eine 21jährige Frau, die über stechende Schmerzen im Rücken klagte; bei der Atmung blieb die linke Seite zurück, links hinten unten ab 8. Brustwirbel Dämpfung mit Aufhebung des Atemgeräusches. Radiologisch: Bogenlinie links bis zur 4. Rippe reichend, Exkursionen derselben ca. 2 cm, Herz nach rechts verlagert, Magenblase sehr groß.

Fall II. 55jähriger Mann, Klagen über Schmerzen auf der linken Brustseite, linke Brust stärker vorgewölbt, links von der 4. Rippe ab fehlendes Atemgeräusch und Dämpfung. Radiologisch: Herz median gelagert, links schmaler Bogen bis 4. Rippe reichend, keine Bewegung desselben, nach Aufblähung des Magens hebt sich die Linie ein wenig, neben dem Magen ist die Flexura lienalis sichtbar. Bei Aufnahme in Brusttieflage ist eine Doppellinie sichtbar, die Bi-füllung reicht nur bis zur unteren der beiden Linien. Der Jaminsche (27) Versuch der Reizung des Phrenicus links fiel negativ aus.

Motzfeld (28) berichtet über einen Fall mit Sektionsergebnis: Eine 41jährige Frau, deren subjektive Symptome in Herzklopfen und Atemnot bestanden, zeigte klinisch Hochstand des linken Zwerchfells und Dextrokardie und Zeichen chronischer Nephritis. Die Sektion der an Urämie verstorbenen Frau ergab eine Deformität der linken Lunge, welche etwa halb so groß war wie die rechte, der untere Lungenlappen atrophisch, das rechte Zwerchfell reichte bis zur 4., das linke bis zur 2. Rippe. Das linke Zwerchfell bot sich als schlaffer Sack dar, von grau-weißer Farbe, fascienartig, sehr dünnwandig (1 mm Dicke), im hinteren Anteile befand sich Fettgewebe zwischen den beiden Bindegewebsschichten (daselbst 3—4 mm dick), keine Spur von Muskulatur, der linke Nervus phrenicus schlaff, verdünnt. Der mikroskopische Befund entsprach links dem makroskopischen Aussehen. Der linke Phrenikus war $^1/_4$ des rechten und bestand nur aus Bindegewebe, enthielt keine Nervenfibrillen. Er faßt den Fall ätiologisch als eine angeborene Anomalie auf, da seit der Kindheit Beschwerden vorhanden gewesen waren, ferner da auch rechts Abnormitäten der Lungen (Inzisur am vorderen rechten Lungenrand) bestanden, ferner die linke Lunge völlig deformiert war, und endlich auch Abnormitäten im Verlauf der Arterien sich nachweisen ließen.

Baetge (29) konnte drei Fälle zur Beschreibung bringen:

1. 64jähriger Mann, subjektiv Atembeschwerden, Herz nach rechts verdrängt, radiologisch: Dextrokardie, linke Brust zum Teil vom Magen und Darm ausgefüllt, zwei Bogenlinien, die wenig beweglich sind.

2. 28jähriger Mann wegen Magen- und Gallenleidens in Behandlung, radiologisch: Dextrokardie, die richtige Diagnose wurde erst auf Grund des normalen Elektrokardiogramms gestellt.

3. 41jähriger Mann mit Atemnot und Druck bei größeren Anstrengungen, klinisch: Verschiebung der Lungen beiderseits normal, Herzdämpfung rechts, Blutdruck 130 mm·Hg., Vitalkapazität betrug 2,3 L. Radiologisch: Dextrokardie, links Bogenlinie, die sich deutlich bewegt, bis etwa zur 5. Rippe reicht, davon ausgehend eine zweite Bogenlinie, Ösophagus rechts von der Wirbelsäule ziehend und in nach oben offenem Bogen in den Magen mündend, nach Aufblasen des Magens trat die Bogenlinie noch höher, das Herz weiter nach rechts. Er erklärt den Befund so, daß durch Zurückbleiben des Lungenwachstums es zur Vermehrung des Drucks im Bauchraum, zur Verstärkung des negativen Drucks im Thoraxraum komme, da durch die Leber die Stabilität des rechten Zwerchfells eine größere sei, erfolge ein Ausweichen der Brustorgane nach rechts.

Haase (30) beobachtete eine Eventratio diaphragmatica bei einem Säugling, die Röntgenuntersuchung ergab einen unregelmäßigen Schatten im Bereich der linken Thoraxhälfte, das Zwerchfell war dort bis zur Klavikel hinaufgedrängt, es bestand hochgradige Erschlaffung des linken Zwerchfells mit Atelektase der linken Lunge und Hinaufdrängung des Magens in die Zwerchfellblase.

Reuß (31) beobachtete eine „traumatische“ Eventratio diaphragmatica. 46jähriger Mann, der nach Sturz auf die linke Seite Hämaturie bekam und das Krankenhaus wegen Atemnot und Herzbeschwerden aufsuchte; die linke Thoraxseite blieb bei der Atmung zurück, Herzdämpfung rechts zwei Querfinger neben rechtem Sternalrand, links zwei Querfinger innerhalb der l. Mammillarlinie, links ab 4. Rippe tympanitischer Schall mit gurgelnden und Plätschergeräuschen. Radiologisch: Herz nach rechts verlagert mit Achsendrehung desselben, Aortenbogen nach links vorspringend, rechte Zwerchfellkuppe in der Höhe der 6., linke in der Höhe der 3. Rippe, links eine Linie von etwa 5 mm Breite, darüber normale Lungenzeichnung, darunter Hohlraum (Magen), daneben zarte Felderung, Atembewegung synchron mit rechts, Phrenikusreizung ergibt prompte Zuckung der Zwerchfellschatten rechts und links, Aufblähung des Magens ergibt Verdrängung der seitlichen Darmfelderung, Entleerung des Magens: Hochsteigen der Flexura lienalis, Einführung der Magensonde zeigt deutlichen Knick nach oben bei der Kardia.

Bergmann (1) schließlich erwähnt einen eigenen Fall: 61jähriger Mann, in der Anamnese Lues, hochgradige Mazies, Stauung der Halsvenen, Gegend des linken Unterlappens gedämpft, daselbst Tympanie, statt der Atmung Magen-Darmgeräusche. Radiologisch: Herz nach rechts gedrängt, linke Zwerchfellinie etwa 5 mm breit, ihr höchster Punkt an der 3.—4. Rippe, darüber normale Lungenzeichnung, darunter großer Hohlraum, links mit Bismut gefüllt, rechts leer, gefeldert, es wurde Eventratio diaphragmatica angenommen.

Im Anschluß an diese Zusammenstellung mögen hier zwei eigene Fälle beschrieben[1]) werden, von denen besonders der eine durch seine Singularität, es handelt sich um den ersten Fall von Eventratio diaphragmatica dextra, der bisher beschrieben wurde, Interesse verdient.

Fall I. Eine 59jährige Frau, die wegen heftiger Magenbeschwerden, die Klinik aufsucht.

Anamnestisch: Eltern sind an Alterschwäche gestorben, Patientin war immer zart, aber stets gesund, hat vier mal geboren, nie abortiert, Kinder gesund. Seit 9 Jahren, dem Beginne des Klimakteriums traten Magenschmerzen eigentümlicher Art auf, die in Brennen und Druck auf der linken Seite bestanden, die Schmerzen waren von der Nahrungsaufnahme unabhängig, traten besonders in den späten Abendstunden und in der Nacht ein, dabei Gefühl der Völle, Unmöglichkeit aufzustoßen, oft krampfartige Schmerzen in der Tiefe, als ob sich etwas im Magen umdrehen wollte, nie Erbrechen, Stuhl angehalten, Appetit

[1]) Dieselben wurden in der k. k. Gesellschaft der Ärzte in Wien am 26. November 1915 demonstriert. W. klin. Woch. 1915, pag. 1331.

besonders in den letzten zwei Jahren sehr schlecht, Patientin ist stark abgemagert (hat 15 Kilo verloren). Seit zwei Jahren stellen sich auch heftige Brustschmerzen, besonders in der linken Seite ein, die von den behandelnden Ärzten auf eine Rippenfellentzündung zurückgeführt wurden. Trotz klimatischer und Karlsbader Kuren keine Besserung. Status ergibt: eine sehr schlecht aussehende, äußerst abgemagerte Frau, Gewicht 48 Kilo, Knochenbau sehr grazil, Muskeln schwach entwickelt, wenig Fettpolster, Zunge dicht belegt, Behaarung spärlich, leichte Struma, Puls langsam (54), zeitweise aussetzend, periphere Arterien rigide, keine Asymetrie des Thorax, Litten fehlt beiderseits. Die Perkussion ergibt: Rechts: Parasternallinie: oberer Rand der fünften Rippe, Mammillarlinie: unterer Rand der fünften Rippe, Axillarlinie: siebente Rippe, Paravertebrallinie: zehnte Rippe. Links: Parasternallinie oberer Rand der dritten Rippe. Mammillarlinie: unterer Rand der dritten Rippe. Axillarlinie: fünfte Rippe, Paravertebrallinie: siebente Rippe. Sowohl rechte als linke Lunge gut verschieblich, über den gedämpften Partien fehlendes Atemgeräusch, doch gelegentlich gurrende Geräusche wahrnehmbar, sonst allenthalben vesikuläres Athmen mit bronchitischen Geräuschen an der Basis. Herztöne leise aber rein, Herzdämpfung etwas nach rechts verzogen, Spitzenstoß innerhalb der linken Mammillarlinie tastbar, rechter Herzrand an der rechten Parasternallinie nachweisbar. Abdomen eingezogen, über dem Magen tympanitischer Schall, Atemfrequenz etwas beschleunigt (28), Leber und Milz nicht palpabel, rechtsseitige Wanderniere, keine Drüsen, im Urin Spuren Eiweiß, keine renalen Elemente. Haut auffallend trocken, das spärliche Haupthaar spröde, Zungenfollikel stark ausgeprägt. Das Ewaldsche Probefrühstück ergab normale Säurewerte, spärliche Flüssigkeitsmenge (25 ccm), keine makro- oder mikroskopische Reste. Der Stuhl Obstipationsstuhl, stark ausgetrocknet, Blutdruck 100 (Rio a Rocci), Blutkörperchenzählung zeigte 3800000 rote, 3200 weiße Blutkörperchen.

Die Röntgenuntersuchung ergab nun ein auffallendes Bild: Bei leerem Magen zeigte sich (Tafel XV, Fig. 1) das Herz genau mediangestellt, Aortenbogen etwas vorspringend an beiden Lungen am Hilus dichte Schattenverästelungen, der rechte Zwerchfellschatten schräg nach abwärts verlaufend, der linke Zwerchfellschatten entspricht einer stark gekrümmten Bogenlinie, welche etwa von der Grenze des mittleren und unteren Drittels des Herzschattens verlaufend in kreisförmigem Bogen bis gegen die 3. Rippe zieht und sodann sich gegen die seitliche Thoraxwand wendet, unterhalb der Bogenlinie befindet sich ein großer Hohlraum, der durch eine nach unten zu konvexe Linie von einem zweiten Hohlraum der sich darunter und links von ihm befindet, abgegrenzt wird. Bei Aufnahme von Speisen steigt die Bogenlinie bis gegen die Mitte des Herzschattens empor, der obere Hohlraum wird größer, während der untere nach abwärts tretend verschwindet (Tafel XV, Fig. 2). Die Zwerchfellexkursionen sind beiderseits groß (3—4 cm) und sychron. Doch bemerkt man bei tiefer Respiration, daß die linke Bogenlinie aus zwei Linien, die sich zeitweise überkreuzen, sich zusammensetzt, wie das auf Tafel XV, Fig. 3 gut wahrzunehmen ist. Die Füllung des Magens mit Bismut ergibt einen ptotischen links gelegenen Magen mit verbreiteter Pars media, steilem Pylorus und gut sichtbarer Pars horizontalis superior des Duodenums, die Entleerung ist in sechs Stunden beendet (Tafel XV, Fig. 4), nach 22 Stunden ist der ganze Dickdarm bis zur Flexura lienalis sichtbar, die einen eigentümlichen Verlauf aufweist, die Flexura hepatica liegt sehr tief auf der rechten Darmbeinschaufel, von hier zieht das Colon transversum erst leicht schräg nach links aufwärts um dann senkrecht nach oben zur Flexura lienalis, welche sehr hoch liegt umzubiegen (Tafel XV, Fig. 5); nun erkennt man auch, daß der vorhin genannte obere Hohlraum nichts anderes ist, als eine enorme Magenblase, der untere Hohlraum dagegen der Gasblase im Colon descendens im Bereiche der Milzflexur entspricht.

Wir haben es hier mit einem typischen Fall von Eventratio diaphragmatica sinistra zu tun. Dafür sprechen meines Erachtens folgende Umstände: 1. kein Trauma in der Anamnese, 2. die Perkussion und Auskultationsergebnisse (Dämpfung an der Basis der linken Lunge bei guter Verschieblichkeit und auffallenden auskultatorischen Phänomenen mit Gurren), 3. der Röntgenbefund, welcher zwei Bogenlinien links aufweist, welche sich synchron mit der gesunden rechten Seite verschieben, und den Magen, und Flexura lienalis nach oben begrenzen, dabei weit in den Thoraxraum hineinragen; als Folge der Ausfüllung des linken unteren Thoraxraumes mit Abdominalorganen ist eine leichte Verdrängung des Herzens nach rechts nachweisbar.

Das wichtige in diesem Falle scheint mir der exakte radiologische Nachweis der zwei Bogenlinien zu sein, wie ich sie so deutlich in keinem in der Literatur beschriebenen Falle am

Röntgenbild gesehen habe. Diese doppelte Bogenlinie hat bisher Beltz, Arnsperger, Appel und Baetge beschrieben; sie wird allgemein so gedeutet, daß die zwei Schenkel des Zwerchfells sichtbar werden, wenn das Zwerchfell überdehnt wird (Arnsperger). Andere Autoren (Bergmann) halten die Doppellinie für Zwerchfell und Magenwand, Appel für eine durch den Brustring bedingte Falte. Ich bin der Anschauung, daß nach dem vorliegenden Bilde kein Zweifel besteht, daß die Doppellinie dem Zwerchfell angehört und daß sie verschiedene Anteile desselben darstellt, die sich verschieden stark durch die Respiration verschieben. Dadurch kommt es auch gelegentlich zu einer Überkreuzung der beiden Bogenlinien, wie das bisher noch nicht darzustellen gelungen ist.

Fall II. Eine 27jährige Frau, welche ebenfalls wegen Magenbeschwerden die Klinik aufsucht.

Anamnestisch ist folgendes hervorzuheben: als Kind gesund, doch lernte Patientin spät laufen und bekam bald Kurzatmigkeit, mit 12 Jahren überstand sie eine Diphtheritis mit linksseitiger Otitis media suppurativa, seitdem ist sie aphonisch (Stimmbandlähmung); vor fünf Jahren hatte sie angeblich eine rechtsseitige Pleuritis ohne Fieber, mit welcher sie damals auf der Klinik Strümpell lag. Vor einem Jahre mit Bartholinitis erkrankt kam sie auf die Abteilung Ehrmann, von wo sie an die hiesige Klinik wegen Magenbeschwerden gewiesen wurde. Sie klagt über hochgradige Obstipation, über Druck im Epigastrium und zeitweises Erbrechen.

Status: sehr abgemagerte grazile Frau, Strabismus konvergens, leichte Struma, Zeichen von Hypoplasie, mangelhafte Behaarung, völlig aphonisch, linkes Trommelfell zeigt eine alte Perforation. Die Brüste sind geschwollen, die Menstruation seit fünf Monaten fehlend, der Uterus entspricht einer Gravidität im fünften Monat. Der Thorax schmal, lang, sehr abgemagert, symmetrisch, Litten beiderseits fehlend.

Die Thoraxperkussion ergibt: Links: Lungengrenzen in der Parasternallinie: unterer Rand der dritten Rippe, Mammillarlinie: unterer Rand der dritten Rippe, vordere Axillarlinie: unterer Rand der fünften Rippe, Paravertebrallinie: zehnte Rippe. Rechte Lungengrenze: Parasternallinie: unterer Rand der vierten Rippe, Mammillarlinie unterer Rand der vierten Rippe, vordere Axillarlinie: unterer Rand der fünften Rippe Paravertebrallinie: achte Rippe. Verschieblichkeit der Lungen beiderseits herabgesetzt, oberhalb der Dämpfung rechts hinten unten ein tympanitischer Raum; über beiden Lungen Giemen und Rasseln. Herzdämpfung normal, Spitzenstoß etwas die linke Mammillarlinie überschreitend, Herztöne rein, Pulsfrequenz 80, Leberdämpfung nicht nachweisbar, hinten und seitlich eine Dämpfung konstatierbar, die möglicherweise der Leberdämpfung entspricht. Leber nicht palpabel. Traubescher Raum gedämpft, Milz deutlich perkutorisch an normaler Stelle nachweisbar, palpatorisch ist bei tiefer Inspiration die Milz deutlich zu tasten. vergrößert. Rechts Wanderniere zweiten Grades, Uterus etwa bis Nabelhöhe reichend. Im Urin: Zucker in mäßigen Mengen (Schwangerschaftsglykosurie). Patientin hatte vor Eintritt der Schwangerschaft bereits die Klinik frequentiert und es wurde im wesentlichen derselbe Lungen- Herz- und radiologische Befund damals erhoben.

Auch nach erfolgter Entbindung bot Patientin ganz das gleiche Verhalten dar; es sei dies erwähnt um etwa dem Einwand zuvorzukommen, daß die jetzigen Erscheinungen etwa bloß auf die Gravidität zurückzuführen seien; ich habe den Fall durch drei Jahre genau beobachtet.

Die Röntgenuntersuchung ergab nun einen ganz singulären Befund, den ich hier genauer beschreiben will. Die Durchleuchtung der Brustorgane zeigt: Herzschatten links gelegen, bzw. nach links etwas verdrängt, rechts vom Wirbelsäulenschatten kein Herzanteil zu sehen. Der linke Zwerchfellschatten normal, rechts sieht man zwei Bogenlinien von welchen die höher gelegene oberhalb des Ansatzes (von der Wirbelsäule aus gerechnet) der 6. Rippe in weitem Bogen gegen die rechtseitige Thoraxwand zieht, medial bis zur Mitte der Herzfigur reichend; etwa zwei Querfinger darunter befindet sich eine zweite Bogenlinie die anfangs parallel der oberen verläuft, dann aber mehr gradlienig etwas nach abwärts zieht und sich zwischen 6. und 7. Rippe nicht weiter nach außen verfolgen läßt. Diese untere Linie entspringt medial am unteren Rand der 6. Rippe und nähert sich weiter außen mehr der 7. Rippe, während die obere Bogenlinie stets oberhalb der 6. Rippe zu liegen kommt. Das linke Zwerchfell geht im Gegensatz zu diesen Gebilden vom oberen Rand der 8. Rippe im Bogen zum unteren Rand der 7. Rippe. Die Bewegungen des linken Zwerchfells und der beiden rechten Bogenlinien sind gleichsinnig, synchron und die Exkursion genügend groß, beiderseits gleich, betragen etwa 2—3 cm. Unterhalb der beiden Linien befinden sich gefelderte Hohlräume, die Lungenzeichnung ist beiderseits gleich, ohne Besonderheiten, der Raum unterhalb des linken Zwerchfells

ist verschattet (Tafel XV, Fig. 6). Das Herz scheint nach links und unten verdrängt zu sein. Die Einführung von Bismutpasta in den Ösophagus ergibt (Tafel XV, Fig. 7): derselbe zieht erst im Bogen, der leicht nach rechts geöffnet ist, links von der Wirbelsäule, überkreuzt dieselbe in der Höhe der 4. Rippe, zieht bis zur 6. Rippe nach abwärts in der Mitte des Wirbelsäulenschattens sichtbar, um dann nach rechts umzubiegen.

Die Untersuchung der Baucheingeweide ergab noch weitere Aufklärungen. Die Füllung des Magens mit Bismut zeigte (Tafel XVI, Fig. 8), daß derselbe dem Hohlraum unterhalb der rechtsseitigen oberen Bogenlinie entspricht. Es füllt sich die untere Hälfte des großen kugelförmigen Hohlraumes rechts mit Bismut, und zwar so, daß die große Kurvatur rechts oben, die kleine links unten verläuft, der Magen nimmt die ganze Breite des durch die Bogenlinie begrenzten Raumes ein. Der Pylorus liegt genau in der Mitte unterhalb des kugeligen Bi-Schattens, daran schließt sich das Duodenum welches von rechts nach links gegen die Wirbelsäule zu gelagert ist. Oberhalb des Bi-Schattens ist eine enorme Gasblase, jetzt ist auch die untere Bogenlinie verschwunden und bloß die obere zu sehen, offenbar ist die untere Linie durch den Mageninhaltschatten verdeckt. Drei Stunden nach Einnahme der Bi-Mahlzeit ist der Magen nur zum kleinen Teil gefüllt, dagegen zahlreiche gefüllte Dünndarmschlingen tief unten unterhalb der 10. Rippe beiderseits sichtbar (Tafel XVI, Fig. 9), nach sechs Stunden sind noch einige Darmschlingen rechts unten zu sehen, die Hauptmasse des Bi befindet sich bereits im Coecum und Colon ascendens bzw. Transversum welches ebenfalls in der Höhe des Magens gelegen ist und ein kugelförmiges Konvolut von Dickdarmschlingen darstellt (Tafel XVI, Fig. 10). Die Füllung des Dickdarmes vom Rektum aus läßt endlich die Verhältnisse des Dickdarmes und Enddarmes genauer übersehen: die S-Flexur ist an der normalen Stelle, die Flexura lienalis in der Mittellinie in der Höhe des 9. und 10. Brustwirbels und geht daselbst in die Konvolute über, welche wir früher als Colon ascendens transversum und descendens gedeutet haben.

Epikritisch ergibt also die Röntgenuntersuchung folgendes: Herz nach links und unten verdrängt, linkes Zwerchfell normal, darunter fehlt die Magenblase, an Stelle des rechten Zwerchfellschattens sind in der Höhe der 4. Rippe (von vorne gemessen) zwei untereinanderliegende Bogenlinien zu sehen, welche sich synchron verschieben, unterhalb des rechten Zwerchfells eine große Magenblase, der Ösophagus biegt nach rechts gegen die Kardia um, der Magen füllt den Hohlraum unterhalb des rechten Zwerchfells aus, ist nach oben und außerdem um 180 Grad gedreht, so daß die große Kurvatur im Bogen von der Mittellinie nach rechts gegen den Thorax zu verläuft, der Pylorus rechts am unteren Pol dieser Kugel gelagert ist und die Pars superior horizontalis des Duodenums von rechts nach links hinüberzieht. Der Dünndarm befindet sich gegen das Becken zu gelagert, das Coecum scheint oberhalb des rechten Darmbeinkammes zu liegen, das Colon ascendens, ferner transversum und die Flexura hepatica sind in ein Darmschlingenkonvolut verwandelt, welches sich ebenfalls in dem rechts gelegenen Zwerchfellsack befindet, die Flexura lienalis liegt in der Mittellinie und von da steigt das Colon descendens in sanftem Bogen gegen die S-Flexur nach links seitlich herab, die S-Flexur ist an ihrer normalen Lage ebenso das Rektum.

Zusammengefaßt mit dem klinischen Bilde handelt es sich um eine Eventratio diaphragmatica dextra, bei welcher der Magen nach rechts gedreht und samt dem größten Teil des Dickdarms in den Zwerchfellsack hineinverlagert ist. Die Milz befindet sich an normaler Stelle; die Leber scheint nach hinten und seitwärts verdrängt zu sein, dafür spricht neben der Leberdämpfung vor allem der Umstand, daß bei der radiologischen Untersuchung die Dimensionen der Magenblase von rückwärts aus durchleuchtet kleinere sind, so daß man annehmen kann, daß der Magen die vorderen Partien des Sackes einnimmt, während die Leber nach hinten und seitwärts umgeklappt ist.

Sehr interessant ist hier neben dem Vorliegen eine Eventratio diaphragmatica dextra, welche, wie gesagt, bisher noch nicht beschrieben ist, auch die Tatsache, daß der Magen in dem Zwerchfellsack liegt; zu diesem Behufe mußte es zu einem totalen Volvulus des Magens

kommen. Bekanntlich unterscheidet man partiellen und totalen Magenvolvulus, je nachdem bloß der Pylorus oder Pylorus und Cardia verdreht sind [Niosi (32), Payer (33)]. Payer unterscheidet fünf Entstehungsmöglichkeiten einer Achsendrehung des Magens: 1. bei Hernia diaphragmatica, an 90% der Zwerchfellshernien beherbergen Teile des Magens, indem das meist in die Hernie vorgefallenen Omentum majus den Magen hinter sich zieht; Payer zitiert zwölf solche Beobachtungen, 2. Geschwülste des Magens, 3. entzündliche Prozesse in der Umgebung des Magens, 4. Verlagerungen der Nachbarorgane (drei Fälle), 5. idiopathischer Volvulus. Ein Pendant zu dem vorliegenden Fall scheint eine Beobachtung von Wilke zu sein. Es handelte sich um eine linksseitige Hernia diaphragmatica, in welcher die Niere fixiert lag, der Bruchsack war mit Netz und dem Colon transversum erfüllt, die Flexura sigmoidea fast völlig ausgeglichen, der Fundus ventriculi mit der Milz nach der Mittellinie verlagert, der Fundus nach vorne umgekrempelt.

Wenn wir uns nun mit der Frage der Entstehung der Eventratio diaphragmatica beschäftigen wollen, so würde sich eine einheitliche Grundlage bisher nicht ergeben. Sicher scheint mir zu sein, daß wir in dem vorliegenden Material zwei Arten der Entstehung unterscheiden können: 1. die kongenitale, und diese scheint die Mehrzahl der bisher bekannten Fälle zu betreffen, und 2. die später erworbene.

Ad 1 Kongenitale Genese. Es könnte, wie Bergmann (1) hervorhebt, eine Mißbildung des Zwerchfells oder der benachbarten Organe vorliegen. Betrachtet man die Entwicklungsgeschichte des Zwerchfells, so ist hervorzuheben, daß sich das primäre Coelom in eine dorsale und ventrale Hälfte teilt, dann schließt sich das Darmrohr, die Coelomwände kommen wieder in Kontakt im Septum transversum. Nach Anlage der Leber, die ja bekanntlich aus der vorderen Darmwandanlage hervorgeht, bleibt das Septum transversum stehen und stellt die erste Zwerchfellanlage dar. Es entstehen weiter die Membrana pleurocardiaca, die beiden Pleurahöhlen, welche zunächst noch eine kaudale Öffnung besitzen; nach Anlage der Lungen wachsen nun von rückwärts und vorn die beiden Uskowschen Pfeiler gegeneinander und verwachsen mit dem Septum transversum; ursprünglich liegt die Konvexität des Zwerchfells nach unten; zwischen die beiden Schichten des Septums wächst nun Muskulatur hinein und die Zwerchfellsanlage ist soweit vollendet.

Wie wir sehen, gibt die Entwicklung des Zwerchfells kaum einen Anhaltspunkt für die Entstehung einer Eventration, viel eher könnte man sie für die Entstehung eines Zwerchfellbruches, der durch kongenitale Öffnungen infolge mangelhafter Verwachsungen entstehen könnte, verantwortlich machen.

Von einigen Autoren wird die Leber als ätiologische Ursache genannt; man hat angenommen, daß die mangelhafte Entwicklung des linken Leberlappens, welcher normaliter dem Zwerchfell als Stütze dient, für die häufigere Eventratio diaphragmatica sinistra spreche. Die Aplasie der linken Lunge soll durch Vergrößerung des abdominalen Drucks auf dieser Seite die Vorwölbung des Zwerchfells fördern und ätiologisch von Bedeutung sein. Besonders Baetge (29) hat diese Möglichkeit betont und einen Fall von Schmit (34) angeführt, bei welchem es sich um Aplasie beider Lungen bei einem Fötus handelte; hier war das linke Zwerchfell hoch hinaufgedrängt, während das rechte durch das in den rechten Thoraxraum verdrängte Herz in seiner normalen Lage sich befand. Ich will nicht leugnen, daß die Aplasie der Lungen Anlaß geben kann zu einer Hinaufdrängung des Zwerchfells, doch muß hier wiederholt betont werden, daß bei keinem der beobachteten Fälle eine Aplasie oder Atrophie der betreffenden Lunge konstatiert werden konnte.

Viel bedeutsamer könnte die mangelhafte Entwicklung oder Atrophie der Phrenici werden; in vier von zehn sezierten Fällen von Eventratio diaphragmatica hat man eine Schädigung dieser Nerven festgestellt. Dagegen sind allerdings manche Gründe angeführt worden, so daß keine anderen Deformitäten des Thorax bei Eventratio diaphragmatica vorkommen [Doering (8)], ferner daß der Phrenikus nicht der einzige Nerv des Zwerchfells ist, indem dieses auch von

Anastomosen des anderen Phrenikus sowie von Interkostalnervenzweigen versorgt wird [Hellin (35), Heß (36)]. Bei einseitiger Phrenikusdurchschneidung lassen sich nicht einmal Differenzen zwischen den beiden Zwerchfellhälften nachweisen; vielleicht ist also die Atrophie der Phrenici, wie sie beobachtet wurde, nur eine sekundäre und als Inaktivitätsatrophie aufzufassen.

Für eine kongenitale Anlage spricht ferner der Umstand, daß die Krankheit meist symptomlos verläuft, daß sie mit anderen Mißbildungen einhergeht, wie Dreilappigkeit der linken Lunge usw.

Ad 2. Später erworbene Eventratio diaphragmatica. Das gelegentliche Vorkommen einer später erworbenen Eventratio diaphragmatica ist nicht auszuschließen. Ich erwähne nur einen Fall von Thoma (5), bei welchem eine eitrige rechtsseitige Pleuritis mit hochgradiger Retraktion zur Verdrängung des Herzens nach rechts geführt hat, infolgedessen wurde das linke Zwerchfell nach oben gezogen. Auch der traumatischen Entstehung wird von einem Autor das Wort geredet (Reuß).

Dagegen wird eine andere Entstehungsart der Eventratio diaphragmatica meines Erachtens zu wenig gewürdigt, nämlich die Möglichkeit der Emportreibung des Zwerchfells durch gewisse Baucheingeweide. Zuerst hat wohl Hoffmann (37) auf die sogenannte chronische Magenblase aufmerksam gemacht. Diese Kranken haben eine abnorm große Magenblase, welche äußerst charakteristische Symptome, wie Vollsein, Aufstoßen, Herzklopfen, Schmerzen verursacht (Kienböck). Hoffmann beobachtete solche Fälle längere Zeit und konnte sogar eine Zunahme der Magenblase mit der Zeit feststellen. Neben dem Magen kann auch die Flexura lienalis das Zwerchfell dauernd empordrängen und zu ähnlichen Bildern führen, wie sie die Eventratio diaphragmatica darbietet Frank (23). Dafür sprechen auch Versuche von Hirsch (13), der bei Aufblähung und Fixation der großen Kurvatur ein Höhertreten des Zwerchfells beobachten konnte. Ich selbst kenne Fälle von großer Magenblase, welche dieselben Verhältnisse zeigen, wie eine Eventratio diaphragmatica, nur daß sie nicht so ausgebildet sind. Auch bei diesen Fällen kommt es mit der Zeit zu einem Zwerchfellhochstand, ferner zur Verdrängung des Herzens nach rechts, endlich allmählich zu einer Biegung des kardialen Endes des Ösophagus. Der eine meiner Fälle betrifft einen 45jährigen Mann, der seit Jahren an Völle, sehr heftigen, zeitweise auftretenden Koliken und ileusartigen Erscheinungen leidet; interessant ist, daß Aufstoßen sehr selten beobachtet wird. Die radiologische Untersuchung ergab eine enorm große Magenblase mit etwas hochgedrängtem Zwerchfell, der Ösophagus in einem Bogen nach links oben hinziehend; wiederholte Durchleuchtungen zeigten einen ähnlichen Befund, nur daß der Gasgehalt der Blase wechselte, dafür war die Gasblase später in der Flexura hepatica und lienalis zu sehen. Erst diätetische Maßnahmen, die sich gegen die enorme Gasansammlung richteten, und der Gebrauch von Atropin brachte einige Linderung; dabei blieb der radiologische Befund konstant.

Ein zweiter Fall betraf einen 42 jährigen Herrn der nach einer Gallenblasenexstirpation mit rechtsseitiger Pleuritis mit heftigen Koliken, die in die Magen- und Lebergegend verlegt wurden, erkrankte. Radiologisch ließ sich ebenfalls kolossale Magenblase und Hochstand des Zwerchfells links mit Verdrängung des Herzens nach oben und rechts konstatieren. Auch dieser Befund war konstant. Ein klinisches Symptom welches ich bei beiden Fällen von chronischer Magenblase beobachten konnte, waren eigentümliche glucksende Geräusche, die beim Schlucken von Speisen und Flüssigkeiten auftraten; ich führe sie darauf zurück, daß bei diesen Fällen der Magen so gedreht ist, daß das Flüssigkeitsniveau im Magen höher steht als die Einmündung der Kardia, die beim Essen und Trinken verschluckte Luft muß also die Flüssigkeitsschicht erst passieren und das führt zu jenen eigenartigen akustischen Phänomenen. Man kann diesen Vorgang auch vor dem Röntgenschirm beobachten.

Betrachte ich schließlich meine beiden Fälle von Eventratio diaphragmatica, so fällt dabei auf, daß stets der Magen mit seiner enormen Magenblase in den Zwerchfellsack hineingezogen ist. Bei der linksseitigen Eventratio ist das bereits bekannt, aber bei der rechts-

seitigen ist es in dem von mir beobachteten Fall das erstemal beschrieben. Warum gerade der Magen in den Zwerchfellsack hineingezogen wird, läßt sich auf Grund der bisher bekannten Tatsachen nicht angeben. Da die Mehrzahl der Fälle von Eventratio wohl kongenitalen Ursprungs ist und das gilt wahrscheinlich auch für die chronische Magenblase im Sinne Hoffmanns, so dürfte man nicht fehlgehen, wenn man doch in der Anlage des Zwerchfells die Ursache abnormer Sackbildung sucht. Die große Magenblase und das Hineinziehen von Hohlorganen, in den Zwerchfellsack scheint ein sekundärer Vorgang zu sein. Abnorme Druckverhältnisse in diesen Organen könnten die durch eine pathologische Anlage oder mangelhafte Innervation erschlaffte Zwerchfellhälfte noch weiter ausdehnen und so der Eventration Vorschub leisten.

Pathologisch anatomisch interessiert hauptsächlich das Verhalten des Zwerchfells und der Phrenici. Das linke Zwerchfell war in den sezierten Fällen in einen schlaffen Sack verwandelt, der bis tief in den Thoraxraum hineinragte. Der Sack ist meist verdünnt, doch fehlt keine der drei Schichten, nur ist Muskelschicht gewöhnlich in glänzendes Bindegewebe verwandelt, in welchem sich noch einzelne Muskelzüge nachweisen lassen, in anderen Fällen ist die Muskulatur durch Fettgewebe ersetzt. Die Phrenici waren in vier Fällen, davon in zwei Fällen völlig degeneriert [Beltz (16), Glaser (10), Motzfeld (28), Krause (38)], das Herz nach rechts verdrängt, die linke Lunge atropisch (komprimiert). Im Zwerchfellsack fanden sich neben dem meist erweiterten und häufig völlig gedrehten Magen auch Dickdarm, Flexura lienalis die Milz und zweimal der linke Leberlappen.

Die Symptomatologie der Eventratio diphragmatica ist nicht reich an charakteristischen Zeichen. Anamnestisch wird meist angegeben: Schmerzen in einer der beiden Brustseiten, Magenbeschwerden, die sich auf Völle, Gefühl von Druck im Magen und in der Brust beziehen, Atemnot, Würgreiz, Magenblutungen [Herz (17)] werden angegeben.

Die Perkussion des Thorax ergibt meist eine Dämpfung an der Basis mit eigenartigem Wechsel des Befundes, manchmal finden sich tympanitische Zonen oberhalb der Dämpfung. Auskultatorisch findet man entweder abgeschwächtes Atmen zu gewissen Zeiten, ein anderes Mal wieder metallische Geräusche, Flüssigkeitsgeräusche, der Stimmfremitus fehlt meist über den gedämpften Partien. Das Littensche Phaenomen ist meist nicht vorhanden. Die Befunde wechseln nach Nahrungs- und Flüssigkeitsaufnahme. Auffallend ist, daß in vielen Fällen anamnestisch die Überstehung einer Pleuritis angegeben wird, das war auch bei meinen Fällen so. Wahrscheinlich handelte es sich um eine Fehldiagnose, die ja bei Nichtberücksichtigung der Möglichkeit der Eventratio diaphragmatica entschuldbar ist.

Die Diagnose der Eventratio diaphragmatica scheint mir bei gründlicher Beobachtung am Röntgenschirm nicht schwierig zu sein, wie ich im Gegensatz zu Bergmann (1) betonen möchte.

Schon die perkutorischen und auskultatorischen Phänomene werden einen Anhaltspunkt dafür geben, daß ein Hohlraum im Bereich der Thoraxhöhle vorhanden ist: Tympanie und Dämpfung wechseln auf der kranken Thoraxpartie ab, dazu kommen je nach der Nahrungsaufnahme Änderung von Gestalt und Volumen der untersuchten Thoraxpartien, manchmal sind auch mehrere Hohlräume von einander getrennt nachweisbar, es gibt ferner nach unten eine mobile Dämpfungszone. Das Herz meist stark nach der gesunden Seite verdrängt. Die von Leichtenstern (39) beschriebene Dysphagia paradoxa, welche für Hernien charakteristisch sein soll — der Kranke empfindet das Verschlucken von Festem leichter als das Schlucken von Flüssigkeiten — wurde nur selten beobachtet.

Zur Sicherstellung der Diagnose wurden die spitzfindigsten Vorschläge gemacht. So sollte aus der kleineren Vitalkapazität der kranken Seite auf eine Verkleinerung des Lungenvolums daselbst geschlossen werden. Tatsächlich fanden Struppler (7) und Baetge (29) Verringerung derselben um $^1/_3$, ersterer allerdings erst nach Trinken von Milch. Andere Autoren versuchten den Magendruck zu bestimmen [Hildebrandt und Heß (24)], die entsprechenden Ergebnisse wurden bereits erwähnt. Baetge (29) bewies durch das Elektrokardiogramm, daß die Dextro-

kardie bei Eventratio diaphragmatica sinistra keine echte Dextrokardie sondern nur eine Verdrängung des Herzens ist.

Differentialdiagnostisch kommt neben Lungentumoren, Pneumothorax, Lungenabszeß hauptsächlich die Hernia diaphragmatica in Betracht, zumal das auch praktische Folgen hat, denn letztere gibt gelegentlich die Indikation für eine dringende Operation.

Tatsächlich sind ja auch schon Verwechslungen vorgekommen. Ich erwähne nur den Fall Lotze (40), der als Eventratio diaphragmatica aufgefaßt wurde, bei der Sektion sich als Hernia diaphragmatica herausstellte, ferner den Fall Glaser (10) bei welchem die Operation eine Eventratio diaphragmatica ergab, obwohl die Diagnose Hernia diaphragmatica gestellt worden war, endlich der Fall Schneider, der ja einen großen Streit der Meinungen hervorrief, um endlich am Seziertisch als Eventratio diaphragmatica sichergestellt zu werden.

Als sicherstes Mittel die Diagnose und Differentialdiagnose zu stellen dürfte wohl die Röntgendurchleuchtung dienen. Wenn trotzdem bei dieser auch Verwechslungen vorkommen, so ist wohl mangelhafte Analyse schuld. Sieht man bei der Durchleuchtung auf einer Seite ein enorm hochstehenden Zwerchfellschatten der sich in zwei Bogenlinien auflösen läßt, welche sich synchron mit der anderen Seite ausgiebig bewegen, so kann kein Zweifel bestehen, daß es sich um eine Eventratio diaphragmatica handelt. Dazu kommt noch die Verdrängung des Herzens und die meist vorhandene Verlagerung der Baucheingeweide. Allerdings scheint dieser Befund nicht immer möglich zu sein. Das Vorhandensein nur einer Bogenlinie, ferner die respiratorische Verschieblichkeit derselben kann zu Irrtümern führen, da dies auch bei Hernien beobachtet worden ist, indem der Magen so verlagert sein kann, daß er mit dem Bruchsack die Zwerchfellbewegungen vortäuscht. Ebensowenig geben die Krümmung des Ösophagus, die Bestimmung des Magendrucks, die elektrische Reizung der Phrenici Jamin (27) einen sicheren Anhaltspunkt für die Differentialdiagnose. Die paradoxe Beweglichkeit der Zwerchfellinie scheint wie Bergmann mit Recht hervorhebt, nur in negativem Sinne verwertbar zu sein.

Konstanter Befund bei den Röntgenuntersuchungen dürfte eher für Eventratio diaphragmatica sprechen, wechselndes Verhalten mehr für Hernia diaphragmatica.

Bezüglich der Therapie ist sehr wenig zu sagen. Ich halte wenig von der medikamentösen Beeinflussung, sicher wird die Behandlung der Magensymptome auf diätetischem Wege Nutzen stiften, indem durch langsames Essen die übermäßige Einführung von Luft in den Darmkanal verhindert wird, kleine Mahlzeiten öfters gereicht, vermeiden von blähenden (Zellulosehältigen, leicht gährenden, leicht der Eiweißfäulnis unterliegenden Speisen), Speisen, regelmäßige Darmentleerung, Darreichung von säureabstumpfenden Medikamenten, um eine rasche Entleerung des Magens zu erzielen, Vermeidung von Morphin und Opium wäre angezeigt. Tierkohle und Magnesiumsalze haben mich fast stets im Stiche gelassen.

Endlich käme mit Rücksicht darauf, daß es sich um abnorme Verwachsungen des Magens mit dem Zwerchfell handelt, die Operation in Betracht, welche wohl erst einmal in dem oben erwähnten Falle ausgeführt, Erfolg gehabt zu haben schien. Auch die Teilresektion des Magens müßte man in Fällen von beträchtlichen Beschwerden in Frage ziehen.

Literatur.

1) Bergmann, J.: Über Relaxatio diaphragmatica. Ergebn. d. inn. Med. u. Kinderheilk. XII, p. 327, 1913.
2) Pyl: Aufsätze und Beschreibungen aus der gerichtlichen Medizin. 1783.
3) Meckel: Dissertatio de hernia diaphr. Halle 1809.
4) Cruveilhier: Traeté d'Anatomie et pathol. gén. Paris 1829, 35.
5) Thoma: Vier Fälle von Hernia diaphr. Virchow-Arch. 88, 1882, p. 515.
6) Tennant: Partial atrophy of the diaphragma. Edinbourgh, med. Journ., Juli 1894.
7) Struppler: Über den physikal. Befund u. die neueren klin. Hilfsmittel bei der Diagnose Zwerchfellhernie. Deutsch. Arch. f. klin. Med. 70, 1901, p. 1.
8) Doering: Über Eventratio diaphragm. Deutsch. Arch. f. klin. Med. 72, 1902, p. 407.

9) Wiedemann: Zur Kasuistik der Zwerchfellhernie beim Lebenden. Berl. klin. Wochenschr. 11, 1901.
10) Glaser: Über Eventr. diaphr. Deutsch. Arch. f. klin. Med. 78, 1903, p. 370.
11) Benda: Deutsch. med. Wochenschr. 49, 1902.
12) Becker: Th., Über Dexiocardie. Inaug.-Diss., Jena.
Becker: Th., Röntgen-Untersuchungen bei Hernia u. Eventr. diaphr. Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstrahlen 17, 1911, p. 183.
13) Hirsch: Zur klin. Diagnose der Zwerchfellhernie. Münchn. med. Wochenschr. 29, 1900.
14) Hildebrandt u. Heß: Zur Differentialdiagnose zwischen Hernia diaphr. und Eventratio diaphr., Münchn. med. Wochenschr. 16, 1905, p. 746.
15) Eggeling: Der anatom. Befund in einem bekannten Fall von Eventrat. diaphr. Münchn. med. Wochenschr. 42, 1912, p. 2284.
16) Beltz: Über Eventratio diaphr. Med. Klin., 1907, p. 419.
Beltz: Ein Beitrag zur Differentialdiagnose zwischen Hernia und Eventr. diaphr. Münchn. med. Wochenschr. 19, 1910, p. 1006.
17) Heß: Zur Diagnose der Eventr. diaphr. Wien. klin. Wochenschr. 47, 1907, pag. 1463.
18) Kienböck: Ein Fall von Zwerchfellhernie mit Röntgenuntersuchung. Zeitschr. f. klin. Med. 62, 1903, p. 320.
Kienböck: Über Beschwerden bei rudimentärer Eventr. diaphr. Münchn. med. Wochenschr., 1913, p. 2219.
19) Arnsperger: Über Eventratio diaphr. Deutsch. Archiv f. klin. Med. 93, 1908, p. 88.
20) Königer: Zur Differentialdiagnose der Zwerchfellhernie und der einseitge idiopath. Zwerchfellhochstand. Münch. med. Wochenschr. 6, 1909. p. 282.
21) Otten und Shefold: Beitrag zur Differentialdiagnose zwischen Eventratio u. Hernia Diaphragm. Deutsch. Archiv f. klin. Med. 99, 1910, p. 468.
22) Scholz: Beitrag zur Kenntnis d. Hernia diaph. congen. Berl. klin. Wochenschr. 1911, Bd. 8, p. 339.
23) Franck: Über Zwerchfellinsuffizienz. Beitr. z. klin. Chir. 74, 1911, p. 358.
24) Appel: Zur Kenntnis der Eventr. diaphr. Inaug.-Diss., Geifswald, 1911.
25) Eppinger: Allg. u. spez. Pathol. d. Zwerchfells. Supplem. z. Nothnagel, Wien-Leipzig, 1911.
26) Scheidemandel: Zur Röntgendiagnostik der Eventr. diaphragm. Münch. med. Wochenschr. 40, 1912, p. 2168.
27) Jamin: Der Einfluß der Phrenicusreizung beim Menschen nach Röntgenuntersuchung. Fortschr. f. Rosenthal, II, Leipzig 1906.
28) Motzfeld: Über Eventratio diaphragm. Deutsch. med. Wochenschr. 1913, 7, p. 311.
29) Baetge: Zur Eventr. diaphr. mit electrocardiographischen Untersuchungen. Deutsch. Archiv f. klin. Med. 110, 1913, p. 49.
30) Haase: Eventratio diaphr. Berl. klin. Wochenschr., 1913, p. 425.
31) Reuß: Hernia diaphr. oder einseit. Zwerchfellhochstand? Deutsch. med. Wochenschr. 16, 1913, p. 743.
32) Niosi: Contributo allo connosenza del volvolo dello stomaco. La Reforma medica, 1907, Nr. 47, p. 1287.
33) Payer: Volvulus ventriculi und die Achsendrehung des Magens. Mitteil. a. d. Grenzgeb. der Mediz Chir. 20, 1909, p. 686.
34) Schmit: Ein Fall von vollständiger Agenesie beider Lungen. Virchow-Arch. 134, 1893, p. 25.
Schmit: Magenbeobachtungen mit den Röntgenstrahlen usw. 1905, p. 832.
35) Hellin: Über Zwerchfellähmung nach einseitiger Phrenikusdurchschneidung. Deutsche med. Wochenschr. 31, 1912, p. 1460.
36) Heß: Über den Zwerchfellreflex und die Zwerchfellinnervation. Münch. med. Wochenschr., 1906, p. 1754.
37) Neumann: Über rudimentäre Eventration. Münch. med. Wochenschr. 3, 1907, p. 112.
38) Krause: Münch. med. Wochenschr. 14, 1913, p. 778.
39) Liechtenstern: Zur Diagnose der Hernia diaphr. Berl. klin. Wochenschr. 40, 1874, p. 497.
40) Lotze, Über Eventratio diaphr. Deutsch. med. Wochenschr. 40, 1906.

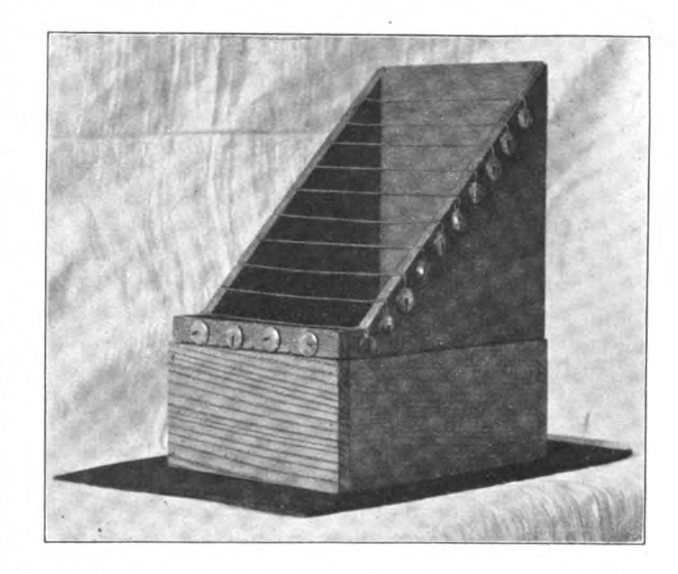
Die Bestimmung der Tiefenschärfezeichnung von Röntgenröhren.

Von

Luchsinger, Bleiche, Kanton-Spital, Glarus.

Die scharfe Zeichnung der in verschiedenen Ebenen oberhalb der photographischen Platte liegenden Objekte wird bedingt durch die zulässige minimalste Ausdehnung des Brennfleckes auf der Antikathode. Die Bestimmung der Größe des Brennfleckes ist nach verschiedenen Methoden möglich, ich erwähne speziell die Ausmessung mit dem Apparat von Klingelfuß, vid. Zeitschrift für Röntgenkunde, Bd. 14, S. 124, 1912. Anstatt nun aber die Größe des Brennfleckes zu bestimmen und dadurch auf die Wirkung der Röntgenröhre zu schließen, ist es einfacher, direkt die Tiefenschärfe der Röhre in Millimeter zu messen, durch nebenstehend abgebildeten kleinen Apparat.

Auf einem leichten Holzgestell sind Bleidrähte von ca. 0,5—0,7 mm aufgespannt, in der Weise, daß jeder Draht horizontal und vertikal um 10 mm verschoben ist. Es ergibt sich dadurch eine treppenförmige Anordnung, die bei zehn Drähten eine Höhe von 100 mm erreicht, um eine noch größere Höhe zu erhalten, wird der Apparat auf ein Holzrähmchen von 50 mm Höhe gestellt, so daß die totale Höhe 150 mm ist, was für die meisten Röhren genügt.



Dieser Apparat wird auf die photographische Kassette mit einer Platte von 13×18 cm gestellt, bei sorgfältiger Manipulation genügt auch 9×12 cm, und wird bestrahlt, in der Art, daß der Zentralstrahl in unmittelbare Nähe des von der Platte am weitesten entfernten Bleidrahtes (100 oder 150 mm) fällt. Als Fokusdistanz wird dasjenige Maß genommen, welches durch die mit der Röhre zu erfolgenden Aufnahmen bedingt ist. Die Länge der Exposition, d. h. die aufzuwendenden Bestrahlungseinheiten sind entsprechend der Plattenempfindlichkeit zu wählen.

Man erhält ein Drahtgitterbild, je nach der Größe des Brennfleckes werden die nächst der Platte liegenden Drähte sich am schärfsten abzeichnen und die entfernter liegenden Drähte eine gewisse Unschärfe zeigen, die abzuschätzen im Bereich von zwei Drähten, gleich 10 mm mit „scharf oder unscharf beginnend“, leicht möglich ist.

Versuche mit verschiedenen Röhren ergaben bei 700 mm Fokusdistanz eine „Tiefenschärfe“ von 40 mm, 100 mm, 120 mm und 140 mm.

Es hat sich im weitern ergeben, daß bei Innehaltung der gleichen Strahlenarbeit dasselbe Resultat erhalten wird, wenn auch die Stromstärke (Milliampèr) variiert.

Mit dem beschriebenen Apparat ist es leicht möglich, die Röntgenröhren zu qualifizieren in bezug auf ihre Schärfezeichnung, und haben vergleichende Versuche Übereinstimmung ergeben zwischen der Schärfe der Gitterbilder und derjenigen anderer Objekte.

Zur Abbildung ist noch zu bemerken, der Apparat besitzt keinen Boden, statt dessen sind vier Drähte gespannt in der Längsrichtung, solche bezeichnen auf dem Bild 0 mm oder, wenn der Apparat auf dem Rahmen steht, 50 mm oberhalb Platte oder Kassette.

Weitere Studien über die Wirkung obiger Drahtgitter in verschiedenen Medien sind in Vorbereitung.

Internationale Fachliteratur.

a) Vereine und Kongresse.

Schweizerische Röntgengesellschaft.

3. Jahresversammlung vom 25. VI. 1916 in der Gynäkologischen Klinik, Bern.
Vorsitz: Curchod, Genf.

In seiner Begrüßung gedenkt der Vorsitzende der verstorbenen Gesellschaftsmitglieder Dr. Dietschy, Prof. v. Herff und Frau Dr. Schwenter und erwähnt dankbar die Verdienste des nach München übersiedelten bisherigen I. Vorsitzenden Dr. Christen.

Guggisberg, Bern: **Myombehandlung durch Röntgenstrahlen.** Nach vorangegangener Demonstration einer 70jährigen Patientin, bei der ein rezidivierendes, faustgroßes Uteruskarzinom durch Röntgenbestrahlung zum fast völligen Verschwinden gebracht worden war, bespricht G. Symptomatologie, Formen, Lokalisation, Verlauf und Prognose der Myome und erörtert eingehend die Indikation für die verschiedenen Therapieformen. Weitaus die meisten, d. h. gegen 90°/₀ aller Muskelgeschwülste bedürfen wegen ihres relativ harmlosen Charárakters entweder gar keiner oder einer rein konservativen Behandlung, die den Zweck verfolgt, das Allgemeinbefinden zu bessern und im besondern die begleitende Anämie zu bekämpfen (Luft-, Höhen- und gewisse Badekuren, rationelle Ernährung, psychische Beeinflussung, Fe., As. usw.). Daneben bei leichten Blutungen Lokalbehandlung.

Erst wenn der Erfolg ausbleibt, oder die Symptome zunehmen, tritt die Röntgentherapie in ihr Recht. Dazu eignet sich die große Mehrzahl der behandlungsbedürftigen Myome. Die Bestrahlungen wirken namentlich günstig auf die Blutungen und auf die Spannungsschmerzen. Ihre Gefahren sind, seit den Verbrennungen vorgebeugt werden kann (Strahlenfilter) nur noch minim. Das ab und zu beobachtete Sklerödem verschwindet meist nach wenigen Wochen wieder vollständig. Die Anämie bildet für die Strahlentherapie keine Kontraindikation mehr, seitdem von vornherein mit großen Dosen eingesetzt werden kann. Ausfallserscheinungen werden auch bei der Röntgenbehandlung zuweilen konstatiert, aber in geringerem Maße und weniger stürmisch, als bei der operativen.

Die bisherigen Erfahrungen bezüglich Heilerfolg und Mortalität der beiden Methoden lassen eine genaue Abgrenzung ihrer Indikation durchführen. Die Mortalität, bei der Röntgenbehandlung gleich Null, ist bei der operativen Methode, wenn auch sehr gering, so doch immer noch ein Faktor, mit dem gerechnet werden muß (Embolien usw.). Mitbestimmend bei der Wahl des Verfahrens ist auch die Behandlungsdauer. Die Operation bedingt einen kurzen, aber vollständigen Unterbruch der beruflichen Tätigkeit der Patientin, die Röntgenmethode beeinträchtigt diese nur wenig, bedarf aber zur Erzielung des Erfolgs einer wesentlich längern Dauer. — Die Heilungsresultate der Strahlentherapie sind ausgezeichnete; ähnlich diejenigen der operativen, wobei aber doch zuweilen unliebsame Folgen hinzutreten (Narbenhernien, Verwachsungen, Ausfallserscheinungen usw.).

Kontraindikationen für die Röntgenbehandlung: Sterilität der Patientin, Gravidität, Inkarzeration und Stieltorsion des Myoms, Kombination mit malignen Tumoren und Adnexerkrankungen, Degeneration der Muskelgeschwulst (Gangrän, Nekrose, zystische Entartung).

Nach Wert und Häufigkeit der angewandten Behandlungsmethoden ergibt sich sonach die Reihenfolge: 1. konservative, 2. Röntgen- und 3. operative Myomtherapie. —

In der Diskussion betont Steiger-Bern den Vorteil der Zinkfilter, bei deren Anwendung man große Dosen (über 100 x) in einer Sitzung applizieren kann.

Wullyamoz-Lausanne demonstriert eine von ihm ausgearbeitete **Methode zur Fremdkörperlokalisation und Extraktion,** die sich in französischen Lazaretten erfolgreich bewährt hat. Es handelt sich um eine Zange mit Scherengriff, welche distal des Schlosses rechtwinklig abgebogen ist, so daß die Greifenden parallel zur Zangendrehachse stehen. Das Instrument läßt sich am Röntgenoperationstisch (der abwechselnd Beleuchtung von oben und Durchleuchtung von unten gestattet) absolut genau in die Richtung auf den Fremdkörper einstellen. Durch fortschreitend tiefergehende Inzisionen unter Führung der Wullyamozschen Zange läßt sich das Geschoß rasch und mit vollkommener Sicherheit auffinden. Das Instrument dient gleichzeitig zu dessen Extraktion. —

Im geschäftlichen Teil der Sitzung wird Juillard-Genf zum I. Vorsitzenden gewählt und des weitern ein Antrag des Vorstands auf Änderung der Statuten zum Beschluß erhoben, dahingehend, daß der Beitritt zur Gesellschaft ausnahmsweise auch Nichtmedizinern ermöglicht werde, d. h. „Physikern und Technikern, die sich im Röntgenfach wissenschaftlich betätigen".

Ziegler (Winthertur).

b) Journalliteratur.

Prometheus. Nr. 1399. Jahrg. 27, Nr. 47, S. 751. 1916.

Haedicke: **Rohr oder Röhre? — Ein Beitrag zur Sprachreinigung.** Nach der Begriffsbestimmung des Verf. haben wir es sowohl bei einem „Rohr" wie bei einer „Röhre" mit einem langgestreckten Hohlkörper zu tun, jedoch ist bei einem „Rohr" die Umhüllung, bei einer „Röhre" der umhüllte Raum die Hauptsache. Ferner ist mit dem Worte „Rohr" unbedingt der Begriff des mathematisch Regelmäßigen verbunden: es handelt sich dabei stets um ein langgestrecktes Prisma von meistens rundem, zuweilen aber auch eckigem Querschnitt. Bei einer „Röhre" dagegen verschwindet der Begriff des Regelmäßigen vollständig. Als Beispiele gibt Verf. die Worte „Kanonenrohr" einerseits und „Blitzröhre" andererseits. Ein besonders schönes Beispiel einer „Röhre" in diesem Sinne ist nun offenbar auch unsere „Röntgenröhre", denn hier haben wir es mit einem langgestreckten Hohlkörper zu tun, bei dem der Raum die Hauptsache und die Wandung Nebensache ist, und bei dem es sich auch nicht um ein mathematisch genau geformtes „Rohr" handelt. Deswegen soll man also niemals „Röntgenrohr", sondern stets „Röntgenröhre" sagen, wie dies ja auch bisher schon fast ausschließlich geschah.

Strahlentherapie. Heft 16 (Bd. 7, Heft 1), S. 33. 1916.

A. Sommerfeld: **Die medizinischen Röntgenbilder im Lichte der Methode der Kristallinterferenzen.** Die Abhandlung enthält zunächst eine Darlegung der vor allem von Barkla und von Moseley festgestellten Gesetzmäßigkeiten, welche die sogenannten homogenen, sekundären Röntgenstrahlen zeigen, Strahlen, welche von den primären Röntgenstrahlen in den verschiedenen chemischen Elementen erzeugt werden, welche einen für jedes Element charakteristischen Absorptionskoeffizienten besitzen und daher auch charakteristische Röntgenstrahlen genannt werden (Näheres s. Fortschr., Bd. XXII, S. 556). Von besonderem Interesse ist aber die Abhandlung deswegen, weil darin zum erstenmal auf Grund jener Gesetzmäßigkeiten eine Erklärung des eigentümlichen Verhaltens gegeben wird, welches z. B. das Silber bei der Absorption der gewöhnlichen Röntgenstrahlen zeigt, und welches ja in einer so hervorstechenden Weise bei den Härteskalen nach dem Benoistschen System, also bei den Skalen nach Benoist, nach Benoist-Walter und nach Wehnelt, in die Erscheinung tritt. Dieses Verhalten besteht bekanntlich darin, daß vom Silber und den ihm im Atomgewicht nahestehenden Elementen die Strahlen einer harten Röntgenröhre fast ebenso stark absorbiert werden wie die einer weichen, während alle übrigen Elemente, also z. B. das Aluminium, die ersteren viel weniger zurückhalten als die letzteren. Der Grund für die Ausnahmestellung des Silbers liegt nun darin, daß die Härte der von diesem Stoff ausgesandten charakteristischen Strahlen ungefähr derjenigen der primären Strahlung einer mittelharten Röntgenröhre entspricht. Denn da jedes chemische Element eine primäre Röntgenstrahlung gerade dann besonders stark absorbiert, wenn die Härte der letzteren etwas größer ist als die Härte seiner charakteristischen Strahlung, so muß demnach das Silber die Strahlung einer harten Röhre verhältnismäßig stark, die einer weichen dagegen verhältnismäßig wenig absorbieren. Die charakteristische Strahlung des Aluminiums dagegen ist — entsprechend seinem viel niedrigeren Atomgewicht — viel weicher als die des Silbers und auch viel weicher als die verschiedenen in der Röntgentechnik gebrauchten primären Röntgenstrahlungen, so daß deswegen auch die Absorption der letzteren im Aluminium mit ihrer Härte in vollkommen regelmäßiger Weise abnimmt.

Heft 16 (Bd. 7, Heft 1), S. 452. 1916.

Th. Christen: **Landläufige Irrtümer über Strahlenmessung.** Zu solchen Irrtümern rechnet Verf. u. a. die Ansicht, daß es bei der Absorption einer Strahlung in dünnen Schichten nicht auf die Härte der Strahlung ankommt. Er weist im Gegenteil nach, daß gerade die in solchen Schichten absorbierte Energie sehr stark von der Härte abhängt, nämlich sich umgekehrt verhält wie die Halbwertschicht der Strahlung. Dies ergibt sich ja übrigens auch einfach daraus, daß der „Absorptionskoeffizient" geradezu durch die in der unendlich dünnen Schicht absorbierte Strahlenenergie definiert wird. Absorptionskoeffizient und Halbwertschicht gehen aber umgekehrt proportional. — Als Maß der Heterogenität eines Strahlengemisches wird dann der Vorschlag von Weißenberg, statt des früher vom Verf. vorgeschlagenen Quotienten $\frac{a_2}{a_1}$ der beiden ersten Halbwertschichten a_1 und a_2 der Strahlung den Bruch $\frac{a_2-a_1}{a_1}$ zu nehmen, gut geheißen, weil sich dann die Heterogenität eines homogenen Strahls, für den ja $a_2 = a_1$ ist, gleich Null ergibt, wie es ja auch sein muß. Weiter wird darauf hingewiesen, daß man sich bei Anwendung der Kienböckschen x darüber klar werden soll, daß man darunter in der Regel eine „Dosis", d. h. also die von der betreffenden Stelle, wo gemessen wird, in einer unendlich dünnen Schicht absorbierte Strahlungsenergie versteht. Vielfach werde dabei allerdings auch an die „Flächenenergie", d. h. an die gesamte, an der betreffenden Stelle eingestrahlte Energie gedacht, was auch zulässig sei. Man dürfe aber dann nicht beide Begriffe durcheinander werfen. Von weiteren Irrtümern erwähnt Verf. noch die Ansicht, daß ein Filter die weichen Strahlen ganz zurückhalte und die harten ganz durchlasse. Das sei

natürlich beides nicht der Fall, sondern es würden stets beide Strahlenarten durch das Filter absorbiert, die weichen nur stets mehr als die harten. Endlich wird noch darauf hingewiesen, daß bei Absorptionsmessungen stets die Störungen durch die in den absorbierenden Stoffen erzeugten Sekundärstrahlen zu berücksichtigen sind.

Heft 16 (Bd. 7, Heft 1), S. 473. 1916.

Fritz M. Meyer: **Das Fürstenausche Intensimeter.** Verf. ist der Ansicht, daß es bei einer gut eingearbeiteten Röhre genügt, die zur Erzielung einer bestimmten Dose notwendige Expositionszeit aus einer einzigen Messung mit dem Fürstenauschen Intensimeter zu bestimmen. Zu dem Zwecke gibt er die zur Erzielung der Farbe B des Sabouraudschen Plättchens nötige F-Zahl in ihrer Abhängigkeit von der Härte der benutzten Strahlung an. Er findet nämlich für eine Härte von 6, 8 und 10 Wehnelt bzw. 65, 85 und 100 F. Für sehr harte Strahlung — härter als 11 Wehnelt — und Anwendung eines Filters von 1, 2 und 3 mm Aluminium ergeben sich bzw. 131, 142 und 155 F. Ferner will Verf. mit Hilfe des Intensimeters auch Qualitätsmessungen machen, ja sogar direkt den Absorptionskoeffizienten einer Strahlung bestimmen, indem er einerseits die direkte und andererseits die absorbierte Strahlung während gleicher Zeiten auf das Instrument wirken läßt; genau genommen ist dabei allerdings zu berücksichtigen, daß die absorbierte Strahlung eine andere Härte hat als die direkte und daher auch die Wirkung beider auf das Instrument sich nicht ohne weiteres vergleichen läßt.

Heft 16 (Bd. 7, Heft 1), S. 491. 1916.

H. Wachtel: **Über die Inkonstanz der heutigen Röntgenröhren und Dosierungsversuche mit dem Fürstenauschen Selenintensimeter.** Im Gegensatz zu F. M. Meyer (s. vorstehendes Referat) kommt Verf. zu dem Ergebnis, daß die Röhren des heutigen Therapiebetriebes (Induktor, Gasunterbrecher, Wasserkühlröhre) während einer Bestrahlung keine genügend gleichmäßige Strahlung aussenden, so daß man bei Anwendung des Fürstenauschen Intensimeters das Instrument nicht bloß einmal, sondern stets nach je etwa 50 F-Minuten aufs neue einschalten soll und zwar das erstemal auch erst, nachdem die Röhre bereits in gleichmäßigen Gang gekommen ist. Bei Bestrahlungen, welche weniger als 50 F-Minuten liefern sollen, soll man das Instrument lieber gar nicht anwenden, da dann die wegen des ungleichmäßigen Ganges der Röhre zu erwartenden Fehler zu groß werden können.

Walter (Hamburg).

Boston Medical and Surgical Journal. März 1915.

Lewis Gregory Cole: **Röntgendiagnose von Gallensteinen.** Gallensteine bestehen bei etwa 10% aller Erwachsenen. Cole berichtet, daß bei der Magendarmuntersuchung bei 5% der Untersuchten (also der Hälfte, die man erwarten darf) die Gallensteine röntgenologisch sich nachweisen lassen. Die Pfahlersche Statistik (höhere Zahlen) ist nicht einwandfrei. Die Fortschritte der Diagnostik sind durch Anwendung der Coolidge-Röhre und durch Aufnahme von Serien, sowie durch Stereoskopaufnahmen (15—20 Platten) erreicht worden. Bei der Diagnostik der Gallensteine muß der Untersuchung auf Magengeschwüre, Appendizitis, Adhäsionen, Rechnung getragen werden. Es werden natürlich Cholesterinsteine, die nur wenig Kalk enthalten, naturgemäß leicht übersehen.

American Journal of Röntgenology. November 1915.

Louis Gregory Cole: **Röntgendiagnose des indurierten Magengeschwürs.** Kasuistik von 14 Fällen indurierten Magengeschwürs ohne Nischensymptom, ohne Sanduhrform. Die Geschwüre befanden sich sämtlich an der kleinen Kurvatur. Die Röntgendiagnose wurde bei chirurgischen Eingriffen bestätigt. Die Geschwüre prägen sich in Serienaufnahmen gewöhnlich als scharf geschnittene Krater aus. Der Geschwürsrand behält Lage und Gestalt (als unnachgiebig) auf den verschiedenen Aufnahmen bei. Natürlich besteht die Gefahr, normale Peristaltik mit der geschilderten Geschwürsart zu verwechseln. Gegen solche Irrtümer kann nur genaue Prüfung der Serienaufnahmen schützen.

H. Wessler: **Die Röntgenuntersuchung komplizierter Herzerkrankungen.** Bei Herzerkrankungen müssen häufig Kliniker und Röntgen-Expert zusammenarbeiten. W. hält es für erforderlich, daß bei funktionellen Geräuschen, bei anginösen Schmerzen, bei Nephritis, Hypertonie, Verlagerung, angeborenen Herzerkrankungen, Perikarditis, Pulsations-Erscheinungen usw. die Röntgenuntersuchung herangezogen wird. (!)

E. W. Caldwell: **Röntgenogramme der Gallenblasengegend.** Die Technik und die Erfolge der Aufnahme von Gallensteinen hat sich in den letzten Jahren wesentlich gebessert. C. warnt vor der falschen Interpretation der Platten. Zweckmäßig ist es häufig, verschiedene Aufnahmen mit verschiedener durchdringungsfähiger Strahlung und unter verschiedenem Einfallswinkel zu machen. Diaphragma, Kompression, Gasfüllung des Colons sind häufig erforderlich. Am besten exponiert man kurz. Öfters muß man Stereoskop-Aufnahmen machen. Neben der Aufnahme ist die Schirmuntersuchung unentbehrlich. (Beweglichkeit von Pylorus, Duodenum usw.) Selbstverständlich müssen die Platten im Schaukasten evtl. mit vergrößertem bezw. verkleinertem Linsensystem betrachtet werden. C. Klieneberger.

Druck von Hesse & Becker in Leipzig.

Anweisung für die Verpackung von Platten.

Infolge mangelhafter Verpackung erhält die Redaktion die zur Reproduktion bestimmten Platten sehr häufig in zerbrochenem Zustande. Um die Autoren vor Schaden zu bewahren, empfehlen wir die Platten durch einen Sachverständigen (Glaser, Photograph) verpacken zu lassen. Sollte dieses nicht möglich sein, so verfährt man zweckmässig in folgender Weise. Die zum Postversand bestimmten Platten werden in Seidenpapier (nicht in Zeitungspapier) eingewickelt, in einen leeren Plattenkasten von gleichem Format verpackt. Für den Fall, dass sie den Kasten nicht vollständig ausfüllen, muss der übrig bleibende Raum mit Watte prall ausgefüllt werden. Der Plattenkasten wird alsdann mit Bindfaden verschnürt und nunmehr in einer Kiste sorgfältig mittelst Holzwolle verpackt. Der Plattenkasten kann auch in einer dicken Umhüllung von Holzwolle mittelst Packpapier umwickelt und verschnürt werden. Jedenfalls muss im letzteren Falle die Schicht der Holzwolle so dick genommen werden, dass etwaige Stösse nicht bis auf den Kasten durchzudringen vermögen.

Manuskripte sind an die Redaktion, Prof. Dr. Albers-Schönberg, Allgemeines Krankenhaus St. Georg, Hamburg 5, zur Reproduktion bestimmte Platten direkt an den Verlag zu richten. Druckschriften können auch auf dem Buchhändlerwege durch die Verlagsbuchhandlung Lucas Gräfe & Sillem in Hamburg übermittelt werden.

Für die Tafeln bitten wir der Verlagsbuchhandlung nur tadellos ausgeführte Abzüge zu senden oder, falls solche nicht vorhanden, die Original-Negative.

Unsere Herren Mitarbeiter erhalten 10 Separatabdrücke von den Tafeln und 25 Abzüge ihrer Arbeit gratis nach Drucklegung des Heftes.

Druck von Hesse & Becker in Leipzig.

Vom Sanitätsamt IX. Armeekorps zur Ausfuhr zugelassen Nr. 49158.

Band XXIV Ausgegeben am 6. Dezember **Heft 4**

Fortschritte

auf dem Gebiete der

Röntgenstrahlen

herausgegeben von

Professor Dr. Albers-Schönberg

Hamburg

Lucas Gräfe & Sillem

(Edmund Sillem)

1916

Die Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen erscheinen bei Lucas Gräfe & Sillem in Hamburg, Kaiser-Wilhelm-Strasse 82 I, in Bänden von je 6 Heften. Abonnementspreis 30 Mark pro Band.

Inhalt.

Sachregister.

Literatur-Register der Fortschritte 1897—1907 in Band XI. (Sep.-Abdruck Preis M. 1.—.)

Namenregister (ein * bedeutet Originalartikel).

(Fortsetzung auf Seite 3 des Umschlages.)

Volumbestimmung von Körperhöhlen und Organen auf orthodiagraphischem Wege.

Von

Fritz Rohrer, I. Assistenzarzt der medizin. Poliklinik Tübingen.

Dem pathologischen Anatomen, welcher die Organe einzeln isolieren kann, stehen zur Volummessung die einfachen Methoden der Wägung und der Bestimmung durch Wasserverdrängung zur Verfügung. Einen Anhaltspunkt gibt auch die Messung von linearen Ausdehnungen z. B. Breite, Länge und Höhe einer Leber, Milz usw. Letztere Messungen orientieren zugleich über die Form des Organes, ob es mehr kuglig oder flach ausgebreitet ist, usw.

Noch eingehender hat sich mit dem Problem der Inhalts- und Formbestimmung morphologisch komplizierter Gebilde die Anthropologie befaßt, die zur Charakterisierung beider Momente hauptsächlich von der Messung möglichst zahlreicher linearer Größen ausgeht. Sie beschreibt spezielle Formbildungen, z. B. die Schädelform, durch Berechnung von Verhältniszahlen (Indizes) aus linearen Größen. Sie gibt auch indirekte Methoden an um Inhaltsgrößen aus linearen Messungen zu berechnen, z. B. den Schädelinhalt aus Länge, Breite und Höhe des Hirnschädels.

In schwierigerer Lage als diese zwei Disziplinen, denen das Objekt ihrer Untersuchung direkt zugänglich ist, findet sich die medizinische Diagnostik, die ein großes Interesse hat Form und Volumen innerer Organe zu kennen. Nachdem früher Perkussion und bei oberflächlich liegenden Gebilden Palpation eine näherungsweise Bestimmung gestattete, besitzen wir seit der Röntgenära, besonders durch die Orthodiagraphie und die Fernaufnahme die Möglichkeit innere Organe größengerecht zu projizieren und aufzuzeichnen. Während diese Methoden in weitgehendem Umfang bereits benützt wurden, um die Form, die lineare Ausdehnung in bestimmten Richtungen und die Projektionsflächengröße von Organen, insbesondere des Herzens, zu bestimmen, ist meines Wissens der naheliegende Gedanke noch nicht verfolgt worden, auf orthodiagraphischem Wege das Volumen von Körperhöhlen und Organen zu ermitteln.

Nachdem ich bereits anläßlich einer Untersuchung über den Zusammenhang der Atemkräfte, welche in **Pflügers** Archiv eben erschienen ist[1]), eine solche Bestimmungsmethode benutzte, um das Brusthöhlenvolumen zu ermitteln, möchte ich hier die mathematisch-geometrische Seite des Vorgehens genauer ausführen und auch weitere Anwendungsmöglichkeiten untersuchen.

I. Inhaltsbestimmung aus Längen und Flächen.

Die indirekte Bestimmung von direkt nicht meßbaren Volumgrößen (J) aus Messungen von linearen Größen (l_1, l_2, l_3 ...) oder Flächen (F_a, F_b, F_c ...) beruht darauf, daß an jedem Körper diese drei Momente in bestimmten Beziehungen stehen, welche nur von der Form des Gegenstandes abhängen. Da Volumwerte dreidimensionale Größen sind, müssen diese indirekten Ausdrücke für J auch dritter Dimension sein z. B.

$$J = k_I \cdot l_1^3 = k_{II} \cdot l_1 \cdot l_2 \cdot l_3 = k_{III} \cdot F^{\frac{3}{2}} = k_{IV} \cdot F_a \cdot l_1 = k_V \cdot \frac{F_a \cdot F_b}{l_1} = k_{VI} \cdot \sqrt{F_a \cdot F_b \cdot F_c} =$$

$$= k_{VII} \cdot F_a \left(\frac{F_b}{l_1} + \frac{F_c}{l_2} \right) = k_{VIII} \cdot \frac{F_a \cdot F_b \cdot F_c}{l_1 \cdot l_2 \cdot l_3} \text{ usw.}$$

Wenn für eine Reihe verschieden großer geometrisch ähnlicher Körper von beliebiger Form l_1, l_2 ... an bestimmten Stellen jedes einzelnen Körpers gemessene Längen, F_a F_b ...

[1]) Pflügers Arch., Bd. 165, S. 445—451.

an bestimmten Stellen gemessene Flächen darstellen, so haben für alle diese Körper die Koeffizienten k_I und ebenso k_{II}, k_{III} ... denselben Wert, es sind also Konstanten, welche für die Form des Körpers charakteristisch sind.

Wenn die Organe und Körperhöhlen verschiedener Individuen untereinander geometrisch ähnlich wären, würde jeder der genannten Ausdrücke zur Inhaltsberechnung genügen z. B $J = k_I \cdot l_1^3$, welche Formel nur die Messung eines bestimmten Organdurchmessers l_1 und die einmalige Ermittlung der für alle Individuen gültigen Konstanten k_I voraussetzt. Nun zeigen aber alle Organe und Körperhöhlen schon beim Normalen, noch mehr unter pathologischen Verhältnissen beträchtliche individuelle Formverschiedenheiten. Es ist daher zweckmäßig eine Formel auszuwählen, deren Koeffizient k bei den vorkommenden Formschwankungen möglichst kleine Änderungen zeigt.

Wenn man an einer Reihe von Körpern, deren Verhältnisse rein geometrisch untersuchbar sind z. B. Quader, rechteckige Pyramide, Zylinder, Kugel, Ellipsoid, Paraboloid, Kegel usw., also bei einer Körperreihe, welche große Formverschiedenheiten aufweist, die Längen l_1, l_2, l_3 als größte Breite, größte Tiefe, Höhe, die Größen F_a, F_b, F_c als Grundfläche (bzw. größter Horizontalschnitt), Frontalschnitt, Sagittalschnitt usw. annimmt und für die einzelnen Ausdrücke von J die Koeffizienten berechnet, so zeigt sich, daß im allgemeinen die Änderung des Koeffizienten für verschiedene Körper um so geringer ausfällt, je mehr Formmomente der Körper bereits im übrigen Anteil der Formel enthalten sind, vor allem je mehr Flächengrößen vertreten sind. Eine Formel mit möglichst viel Flächenwerten wird daher für unsere Zwecke am günstigsten sein.

II. Inhaltsbestimmung unter Verwendung von Parallelprojektionsflächen.

Es ist ferner zu berücksichtigen, daß die Untersuchungsmethode, welche das Berechnungsmaterial liefert, die Röntgenorthodiagraphie, uns keine Schnittflächen, sondern Parallelprojektionsflächen der Organe gibt.

Wir denken uns den Raum durch eine Schar paralleler dicht aneinanderschließender Projektionsstrahlen erfüllt. Der Querschnitt jedes Strahls senkrecht zur Achse sei dF. In diesem System liege ein beliebiger Körper, der von n Strahlen durchdrungen werde, und zwar verlaufen die einzelnen Strahlen auf eine Strecke l_1, l_2 ... l_n innerhalb des Körpers. Der Inhalt des im Körper liegenden Strahlenteiles ist allgemein $dF \cdot l_n$ und die Summe aller dieser Inhalte entspricht dem Inhalt des Körpers (J):

$$J = \Sigma_1^n (dF \cdot l) \text{ oder da } dF \text{ ein gemeinsamer Faktor ist:}$$
$$= dF \cdot \Sigma_1^n l.$$

Wenn wir mit $\frac{n}{n}$ multiplizieren, erhalten wir:

$$J = n \cdot dF \cdot \frac{\Sigma_1^n l}{n}.$$

Da $n \cdot dF$ gleich der Projektionsflächengröße (F_a), $\frac{\Sigma_1^n l}{n}$ gleich der mittleren Tiefe des Körpers in der Projektionsrichtung (l_a) ist, haben wir:

$$J = F_a \cdot l_a.$$

Der Inhalt eines Körpers von beliebiger Form ist gleich dem Produkt aus der Flächengröße seiner Parallelprojektion und der mittleren linearen Ausdehnung in der Projektionsrichtung.

In dieser Bestimmungsgleichung ist F_a durch die Fläche des Sagittalorthodiagramms gegeben. l_a, die mittlere Länge aller den Körper durchdringenden Projektionsstrahlen, können wir nicht direkt messen. Dagegen ist eine indirekte Bestimmung möglich, indem l_a in einem bestimmten, von der Form des Körpers abhängigen Verhältnis steht:

1. Zur mittleren Länge einer bestimmten Gruppe von Projektionsstrahlen: l_b. Eine solche Gruppe erhält man, indem der Körper in einer zweiten, zur ersten Projektion senkrechten Rich-

tung projiziert wird. Die Flächengröße dieser zweiten Projektion, des Transversalorthodiagrammes, sei F_b, ihre mit der Sagittalprojektion gemeinsame Höhe sei h. Es ist dann die mittlere Länge der die Fläche F_b bildenden sagittalen Projektionsstrahlengruppe:

$$l_b = \frac{F_b}{h}.$$

Wenn wir die Verhältniszahl $\frac{l_a}{l_b} = k_I$ bezeichnen, ist die gesuchte Größe l_a:

$$l_a = k_I \cdot l_b = k_I \cdot \frac{F_b}{h}.$$

2. Wenn aus topographischen Gründen die Herstellung einer vollständigen Transversalprojektion nicht möglich ist, so kann statt l_b auch nur der tiefste Durchmesser von F_b verwendet werden, d. h. die größte lineare Ausdehnung des Körpers in der sagittalen Richtung: $l_{max.}$ Es sei:

$$l_a = k_{II} \cdot l_{max.}$$

Wir haben zur Bestimmung von J die Wahl zwischen zwei Gleichungen:

$$F_a \cdot l_a = J = k_I \frac{F_a \cdot F_b}{h} = k_{II} \quad F_a \cdot l_{max.}$$

Wie wir oben sahen, ist die Verwendung von möglichst viel Flächenwerten günstig und es ist daher, wo es angeht, die erste Formel anzuwenden.

Die Größen F_a, F_b, h, $l_{max.}$ sind durch Orthodiagramme gegeben. Zu bestimmen sind für die einzelnen Anwendungen der Inhaltsformeln die Faktoren k_I und k_{II}. Folgende Tafel orientiert über die Schwankungsbreite dieser Faktoren bei einer Anzahl geometrischer Körper.

	$k_I = \frac{l_a}{l_b}$	$k_{II} = \frac{l_a}{l_{max.}}$
Kugel, Halbkugel, Ellipsoid, Halbellipsoid	0,849	0,66
Paraboloid mit kreisf. und ellipt. Basis. aufrecht	0,883	0,59
querliegend	0,75	0,59
gradliegend	0,75	0,5
Zylinder mit kreisf. u. ellipt. Basis aufrecht	0,786	0,786
querliegend	1,0	0'786
gradliegend	1,0	1,0
Kegel mit kreisf. u. ellipt. Basis aufrecht	1,05	0,524
querliegend	0,66	0,524
gradliegend	0,66	0,333

III. Bestimmung des Brusthöhleninhaltes.

Wir verwenden die Formel $J = k_I \cdot \frac{F_a \cdot F_b}{h}$. Die Orthodiagramme nehmen wir im Sitzen bei ruhiger Atmung auf und zeichnen die Zwerchfellkontur für exspiratorische Stellung ein. Beim Seitenorthodiagramm lassen wir den Patienten beide Arme über den Kopf halten.

Das Sagittalorthodiagramm kann bis auf den durch den Herzschatten verdeckten medialen Anteil des Zwerchfells vollständig gezeichnet werden. Als obere Begrenzung können wir die Verbindungstangente der Pleurakuppeln nehmen. h definieren wir als die vertikale Entfernung der höherstehenden Zwerchfellkuppel von den Pleurakuppeln. Wir beziehen h auf die höherstehende Zwerchfellkuppel, weil diese im Seitenorthodiagramm die untere Grenze bildet, indem sie die tieferstehende Kuppel überdeckt.

Im Seitenorthodiagramm ist der vordere Teil des Diaphragmas oft infolge des Herzschattens verschwommen, aber fast stets doch deutlich feststellbar, weil die Bewegung des Zwerchfellschattens die Grenze auffälliger macht. Die vordere sternale Grenze des Lungenfeldes ist meist bis etwa $^3/_4$ zur Spitze deutlich sichtbar. Als hintere Grenze des Lungenfeldes nehmen wir den vorderen Rand der ca. 1—2 cm breiten intensiven Schattenzone, welche hinten an das

relativ helle Feld der Wirbelkörperschatten anschließt. Es entspricht diese dunkle Zone der hinteren Rippenwölbung. Sie liegt im Orthodiagramm etwa 2—4 cm vor der hinteren Körperaußenkontur. Diese hintere Grenze des Lungenfeldes ist meist nur bis $^1/_3$ oder höchstens $^2/_3$ der Brustraumhöhe nach oben zu verfolgen. Für die Form des oberen Teiles des Seitenorthodiagramms erhalten wir Richtlinien, indem wir die hintere und vordere Körperkontur bis an den Hals herauf mitorthodiagraphieren. Einen Fixpunkt gibt ferner die aus dem Sagittalorthodiagramm gemessene Höhe h, indem die Pleurakuppeln von der Seite gesehen, ebenso hoch über der höherliegenden Zwerchfellkuppel stehen müssen, wie von vorn gesehen. Im Abstand h wird zur Horizontaltangente der Zwerchfellkontur eine Parallele gezogen, und man kann nun, indem die Höhe und der Rahmen der Körperkonturen, welchen entlang die Brusthöhle nach oben sich einwölbt, gegeben ist, den oberen Teil des Seitenorthodiagrammes mit genügender Genauigkeit konstruieren (Fig. 1).

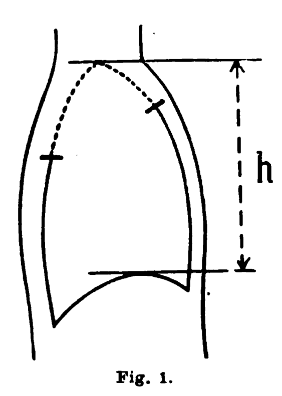


Fig. 1.

Die Messung der Orthodiagrammflächen geschieht am raschesten und genauesten mit einem Planimeter. Die Anschaffungskosten eines solchen Instrumentes, dessen Anwendung sehr rasch erlernt ist, kommen für ein Röntgenlaboratorium kaum in Betracht[1]).

Zur Bestimmung des Koeffizienten k_I benützte ich zwei verschiedene Wege, welche zu übereinstimmendem Ergebnis führten. Da ich bereits in Pflügers Archiv darüber ausführlich berichtete, möchte ich hier nur kurz den Gedankengang angeben.

1. Wenn wir die Querschnittsform des Brustraumes kennen, können wir, indem aus Sagittal- und Transversalorthodiagramm die Breite und Tiefe der Querschnitte für eine beliebige Zahl verschiedener Höhen meßbar ist, den Inhalt des Brustraumes schichtweise berechnen. Unter Zugrundelegung der Brusthöhlenquerschnittsform von Gefrierschnitten[2]) wurde für drei Männer von 20—30 Jahren der Brusthöhleninhalt (J) ermittelt. Indem wir anderseits für die gleichen drei Personen F_a, F_b und h bestimmten, konnten wir aus der Gleichung $J = k_I \frac{F_a \cdot F_b}{h}$ den Faktor k_I berechnen. Er betrug für diese drei Personen: $k_I = 0{,}9$; $k_I = 0{,}909$; $k_I = 0{,}912$.

2. Für einen geometrischen Körper, welcher in äußerer Konfiguration und Querschnittsform, der Form des Brustkorbes sehr nahe kommt, hat k_I je nach dem Verhältnis der basalen Tiefe zur Breite einen Wert zwischen 0,88 bis 0,95, und zwar ist dabei eine Variation des Tiefen-Breitenverhältnisses von 1:1 (sehr tiefer Thorax) bis 1:2 (sehr flacher Thorax) angenommen. Es ist dies eine extrem große Variationsbreite. Während für neun Normale das Verhältnis der Thorax-Tiefe zur -Breite auf der Höhe des unteren Sternalendes durchschnittlich 1:1,47 war, fand sich für elf Emphysematiker das Verhältnis 1:1,29. Für die klinisch vorkommenden Schwankungen des Tiefenbreitenverhältnisses ist entsprechend die Schwankung von k_I noch geringer anzunehmen, als wir für die oben angenommenen extremsten Verhältnisse fanden.

Es ist für die klinische Verwendung dieser Bestimmungsmethode genügend genau, wenn wir k stets zu 0,9 annehmen. Die Fehlermöglichkeit beträgt dann für normale Thoraxformen, wenn wir den Einfluß von verschiedenartigen Wölbungsverhältnissen des Zwerchfelles und die Fehler bei der Ergänzung des Seitenorthodiagrammes mitberücksichtigen, höchstens etwa 5%; wenn wir mit abnormen Verhältnissen, besonders mit größeren Variationen der Brusthöhlenquerschnittsform (Rippenwölbung) rechnen, höchstens etwa 10%.

Das Volumen des Brustraumes ist nach unserer Untersuchung gleich $^9/_{10}$ des Flächen-

[1]) Merkel, Handb. d. top. Anat., Bd. 2, Fig. 113—114, 1899.

[2]) Ein einfaches Kompensationsplanimeter mit festen Armen, welches für röntgenologische Zwecke vollständig genügt, kostet etwa 40—50 M. (Firma Coradi, Zürich, Firma Reiß, Liebenwerda, Firma Ott, Kempten).

produktes von Sagittal- (F_a) und Transversalorthodiagramm (F_b), geteilt durch die Höhe des Brustraumes (h = Abstand der höherstehenden Zwerchfellkuppe von den Pleurakuppeln).

$$J = 0{,}9 \cdot \frac{F_a \cdot F_b}{h}.$$

Wenn F_a, F_b in qdm, h in dm eingesetzt wird, ist J in Litern. Die Konstruktion der Spitze des Seitenorthodiagramms, die Messung von F_a und F_b mit dem Planimeter und die Berechnung der Formel mit einem Rechenschieber erfordert zusammen bei einiger Übung kaum mehr als etwa fünf Minuten.

In folgender Tabelle sind eine Reihe von Bestimmungen des Brusthöhlenvolumens bei gesunden männlichen Individuen zusammengestellt.

Fall No.:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Alter	6	10	22	23	23	23	24	27	27	28	35	39	40
Größe	108	140	164	164	160	171	—	167	168	166	166	—	—
Vitale Kap	1,5	1,7	3,1	3,5	3,4	4,2	—	3,7	4,4	3,3	3,5	—	3,3
F_a qdm	1,495	2,43	3,31	3,89	5,014	4,914	4,296	4,82	4,64	4,91	3,97	4,77	3,9[illegible]5
F_b qdm	1,19	1,54	2,02	2,65	2,67	2,78	2,702	2,20	2,603	2,565	2,623	2,75	2,98
h dm	1,1	1,45	1,65	1,95	2,15	2,15	1,9	1,85	2,0	2,15	1,8	2,0	1,85
J liter	1,46	2,32	3,65	4,9	5,65	5,75	5,5	5,16	5,44	5,34	5,2	5,9	5,7

Da jeweils der höchste Zwerchfellstand bei ruhiger Atmung in den Orthodiagrammen eingezeichnet wurde, geben diese Zahlen das Brusthöhlenvolumen für gewöhnlichen Exspirationszustand. Es ist natürlich zu berücksichtigen, daß die exspiratorische Zwerchfelllage durch eine Reihe von Momenten ändern kann, wie Füllungszustand der Bauchorgane, Körperlage, Kleiderdruck, psychische Einflüsse usw. Da ich stets die Patienten in sitzender Stellung, bei vollständig entkleidetem Oberkörper und fast immer in den späteren Vormittagsstunden untersuchte und darauf achtete, daß sie sich zuerst an das Milieu des Röntgenraumes gewöhnten, indem ich meist zuerst eine gewöhnliche Durchleuchtung vornahm, glaube ich, daß wir annähernd gleiche Verhältnisse annehmen dürfen und die gewonnenen Werte entsprechend vergleichbar sind.

Für zehn erwachsene Männer (Nr. 4—13) erhalten wir wenig verschiedene Werte, von denen die meisten zwischen 5—6 Liter liegen. Der Mittelwert ist ca. 5,5 Liter.

Die Person Nr. 3 fällt aus der Reihe. Es handelt sich um einen kräftigen Studenten (guter Fechter und Reiter), der zurzeit vollständig gesund ist. Patient überstand früher eine Myocarditis und eine Spitzenaffektion. Das kleine Brusthöhlenvolumen hängt vielleicht mit diesen früheren Erkrankungen zusammen.

Ein Parallelismus zwischen Körpergrößen und Brusthöhlenvolumenvariation ist in dieser Gruppe von erwachsenen Männern nicht vorhanden. Leute von kleiner Statur haben teilweise hohe Werte (Nr. 5), anderseits relativ größer gewachsene Männer kleine Werte (Nr. 8 und 11). Letztere beide sind kräftige sportsgewandte Offiziere. Diese Beobachtung stimmt überein mit der Angabe von Bohr, daß bei Sportsleuten die Mittellage der Atemorgane oft niedriger als durchschnittlich liege.

Auch zwischen Brusthöhlenvolumen in gewöhnlicher Exspirationsstellung und der maximalen Volumänderungsmöglichkeit der Atemorgane (vitale Kapazität) besteht kein Parallelismus, wie z. B. die Fälle 9 und 10 zeigen, wo bei annähernd gleichem Brusthöhlenvolumen ein bedeutender Unterschied der vitalen Kapazität vorliegt. Während das Brusthöhlenvolumen in gewöhnlicher Exspirationsstellung dem Gleichgewichtszustand der passiven Atemkräfte entspricht, ist die maximale Änderungsgröße des Brusthöhlenvolumens ein Moment, welches weniger von den Atemkräften als von der, durch die anatomischen Verhältnisse begrenzten Bewegungsmöglichkeit des Zwerchfells und der Gelenkapparate des Brustkorbes abhängt. Es ist daher begreiflich, daß beide Größen in gewissem Umfang unabhängig voneinander variieren können.

Während diese allerdings noch kleine Versuchsreihe für gesunde erwachsene Männer wenig

verschiedene Brustraumgröße ergibt, zeigen sich unter pathologischen Verhältnissen größere Schwankungen, besonders beim Emphysematiker. Es fehlte bis jetzt eine Methode, welche eine sichere Messung der Vergrößerung des Brustraumes beim Emphysem gestattet, indem hier gasanalytische Untersuchungen der Größe der Residualluft versagten[1]. Unsere Methode scheint mir klinisch vor allem wertvoll, weil sie ermöglicht, dieses Hauptsymptom des Emphysems, die Brustvolumerweiterung, welche der Lungenerweiterung entspricht, quantitativ zu messen.

In folgender Tabelle sind die Werte für 15 Emphysematiker zusammengestellt:

Fall No.:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
F_a qdm	3,953	4,04	4,21	4,83	5,055	4,44	5,05	4,88	5,04	5,15	5,97	6,06	4,68	5,78	5,99
F_b qdm	2,63	3,10	3,29	3,18	3,24	3,23	3,42	3,43	3,65	3,53	3,60	3,57	3,67	3,92	4,03
h dm	1,9	1,85	2,0	2,15	2,25	1,95	2,25	2,1	2,15	2,1	2,45	2,4	1,85	2,35	2,4
J liter	4,9	6,1	6,23	6,33	6,55	6,62	6,9	7,2	7,7	7,86	7,9	8,11	8,35	8,68	9,09

Die Verhältniszahl $\frac{F_b}{F_a}$, welche beim Normalen meist kleiner als 0,65 ist, ist beim Emphysematiker, entsprechend der Tiefenzunahme des Thorax, fast immer größer als dieser Wert.

Das Brusthöhlenvolumen in gewöhnlicher Ausatmungsstellung ist beim Emphysem fast regelmäßig bedeutend vermehrt. Eine eingehendere Besprechung der Verhältnisse beim Emphysem ist bereits an anderer Stelle veröffentlicht (Münchner mediz. Wochenschrift: Studien über Wesen und Entstehung des Emphysems, 1916, Nr. 34, S. 1219—1223).

Wenn auch die bisher an normalen und pathologischen Fällen ausgeführten Bestimmungen noch wenig zahlreich sind, so scheinen sie mir doch hinreichend, um ein, wie ich glaube günstiges, Urteil über die klinische Brauchbarkeit unserer Methode zu ermöglichen.

Das Volumen, welches nach der Formel $J = 0{,}9 \frac{F_a \cdot F_b}{h}$ für den Brustraum erhalten wird, entspricht natürlich nicht nur dem Lungenluftvolumen, sondern dem ganzen Rauminhalt der Brusthöhle: Lungenluft + Gewebsvolumen (Lungengewebe, Mediastinalorgane, Volumen des vorragenden Teiles der Wirbelsäule). Das Lungenluftvolumen ist in gewöhnlicher Ausatmungsstellung beim Erwachsenen durchschnittlich 2,8 Liter, das Gewebsvolumen etwa 2,7 Liter. In pathologischen Fällen, bei denen keine wesentliche Veränderung des Gewebsvolumens anzunehmen ist, können wir aus dem nach unserer Formel bestimmten Gesamtvolumen durch Subtraktion des Gewebsvolumens einen ziemlich genauen Wert für die Größe des Lungenluftvolumens erhalten.

IV. Bestimmung des Herzvolumens.

Herzorthodiagramme sind infolge des unmittelbaren Überganges des Herzschattens in den Leberschatten nach unten und Gefäßschatten nach oben nicht in gleicher Vollständigkeit herstellbar, wie die Brusthöhlenorthodiagramme.

Über die Möglichkeit, das Sagittalorthodiagramm nach oben und unten mit klinisch hinreichender Sicherheit abgrenzen zu können, sind die Ansichten verschieden. Während Groedel[2] die Flächenmessung des Orthodiagrammes als zu unsicher überhaupt ablehnt, hat Dietlen immerhin die Flächenwerte in seine Tafel aufgenommen.

Die Abgrenzung des Herzschattens nach oben kann keine wesentlichen Fehler bedingen, wenn sie nur stets in gleicher Weise z. B. durch eine flach bogenförmige Verbindung zwischen linkem Ventrikelbogen und rechtem Vorhofs-Gefäßwinkel, vorgenommen wird.

Größer sind die Fehlermöglichkeiten, welche die Konstruktion der unteren Herzgrenze in sich trägt. Immerhin sind auch hier die Fehlerquellen nicht zu hoch einzuschätzen. Wir

[1]) Staehelin, Ergebn. d. inn. Mediz. u. Kinderheilk. 1915, S. 527.

[2]) Röntgendiagnostik i. d. inn. Med., 1909, S. 129.

wissen von anatomischen Erfahrungen her und ebenso von Fällen, wo die untere Kontur bei der Durchleuchtung zu sehen ist, daß die untere Herzgrenze weder Aus- noch Einbuchtungen zeigt, sondern in der Sagittalprojektion einen flach gewölbten Übergang zwischen Herzspitze und rechtem Vorhofsbogen bildet. Fast in allen Fällen ist das fehlende Verbindungsstück durch die Schlußkrümmung des rechten Vorhofbogens und linken Ventrikelbogens, der doch meist mehrere Zentimeter unter die Zwerchfellinie verfolgbar ist, soweit festgelegt, daß kaum eine größere Schwankungsbreite als ein Streifen von etwa 1—2 cm Breite für die Lage der unteren Herzkontur möglich ist. Der Fehler, welcher bei dieser Konstruktion entstehen kann, ist im Verhältnis zur ganzen Orthodiagrammfläche schätzungsweise für ungünstige Fälle höchstens 5—10 %.

Es darf übrigens betont werden, daß die übliche Messung linearer Ausdehnungen am darstellbaren Teil des Orthodiagrammes keinen Schluß auf die Größe des Herzens zuläßt, außer, wenn man annimmt, daß der nicht abgrenzbare untere Teil des Herzschattens stets in annähernd ähnlicher Weise den feststellbaren Konturen sich anschließt. Wenn diese untere Herzkontur in so hohem Maße variieren würde, daß ihre näherungsweise Ergänzung derart hohe Fehler bedingte wie Groedel annimmt, so wäre auch die bisher übliche Vermessung von Orthodiagrammen klinisch wertlos.

Das Ziel der Orhodiagraphie ist, in erster Linie die Herzgröße festzustellen (über Herzform und Lage gibt die einfache Durchleuchtung ebenso gute Auskunft) und da ist es erwünscht, wenn möglich zu Vorstellungen vorzuschreiten, welche unabhängig von Form- und Lageverhältnissen sind. Während von den linearen Messungen am Orthodiagramm vor allem die Transversaldurchmesser je nach Herzlage und Form ändern, erhalten wir schon durch die Flächenmessung des ergänzten Sagittalorthodiagrammes einen bedeutend unabhängigeren Wert, welcher allerdings noch keine direkte Vorstellung von der tatsächlichen Herzgröße, d. h. dem Herzvolumen gibt. Je nach der durchschnittlichen sagittalen Ausdehnung kann bei gleicher Flächengröße des Sagittalorthodiagrammes das Herzvolumen verschieden sein. Um die wirkliche Herzgröße zu bestimmen, ist es nötig, Messungen an in verschiedener Richtung hergestellten Orthodiagrammen nach den oben entwickelten Gesichtspunkten miteinander zu verknüpfen. Die Herzvolummessung ist das Endziel, welches der Orthodiagraphie gesteckt werden muß, und wenn wir auch vorläufig dabei mit Fehlern bis 15 % zu rechnen haben, so ist dies für eine klinische Methode, wenn keine andere Möglichkeit vorliegt, eben in Kauf zu nehmen.

Zur Berechnung des Herzvolumens benötigen wir zwei in beliebigen senkrecht aufeinander stehenden Richtungen hergestellte Orthodiagramme. Als erste Projektionsrichtung wählen wir die sagittale, indem die Fläche des Sagittalorthodiagrammes (F_a) am ehesten mit einiger Sicherheit abgegrenzt und vermessen werden kann.

Wesentlich ungünstiger gestalten sich die Verhältnisse beim Transversalorthodiagramm, indem die beiderseits des Herzens emporgewölbten Diaphragmakuppen den Herzschatten noch in weiterem Umfang als von vorn gesehen überlagern. Da die Konstruktion und Messung der Fläche des Transversalorthodiagrammes (F_b) entsprechend ungenau ausfällt, benützen wir zur Herzvolumbestimmung die zweite der oben (Seite 287) entwickelten Formeln, wobei $l_{max.}$ in der Transversalprojektion die größte horizontale Entfernung der hinteren Herzkontur von der vorderen ist. Der sichtbare Teil der vorderen Herzkontur fällt von der Seite gesehen im unteren Abschnitt meist mit der Innenkontur des Sternums zusammen, um nach oben hin bogenförmig einwärts zum Gefäßschatten zu verlaufen. Der hintere Rand des Herzschattens ist fast immer vom Schnittpunkt mit dem Zwerchfell an soweit nach oben zu verfolgen, daß man seine größte Ausladung nach hinten zeichnen kann. Die horizontale Linie der größten Herztiefe schneidet die vordere Kontur meist nahe der Stelle, wo sie sich vom Sternum abzulösen beginnt, während die hintere Herzgrenze oft etwas unterhalb der größten Ausladung nach hinten geschnitten wird.

Um die Größe des Faktors k_{II} zu erhalten, bestimmte ich für ein Herzmodell einerseits

direkt das Volumen (0,425 Liter), andererseits orthodiagraphierte ich dasselbe in einer Lage, welche derjenigen des Herzens im Körper entspricht, von vorn und von der Seite und erhielt so die Größen F_a (0,88 qdm) und $l_{max.}$ (0,78 dm). k_{II} beträgt für dieses Herz entsprechend:

$$\frac{0{,}425}{0{,}88.0{,}78} = 0{,}62.$$

Das Herz hat normalerweise annähernd die Form eines querliegenden Paraboloides. Wie wir (Seite 287) sahen, ist für solche Körper $k_{II} = 0{,}59$. Da die Herzachse sich etwas nach vorn neigt, ist F_a kleiner als die größte mögliche Projektion, welche in einer Richtung senkrecht zur Längsachse gewonnen werden könnte, während der Tiefendurchmesser $l_{max.}$ für beide Richtungen wenig verschieden ist. k_{II} wird daher für das Herz etwas größer sein als für ein querliegendes Paraboloid. Diese geometrischen Überlegungen führen also zu etwa dem gleichen Ergebnis wie die Messung von k_{II} an einem Herzmodell.

Eine Fehlerquelle ist dadurch bedingt, daß der Faktor k_{II} je nach der Form des Herzens in gewissem Umfang ändert. Hypertrophie und Dilatation des linken Ventrikels allein verändert den allgemeinen Formcharakter wenig, während die Mitbeteiligung des linken Vorhofes und rechten Ventrikels bei Mitralfehlern die Herzform mehr geschlossener, sphärischer gestaltet und entsprechend k_{II} sich dem Werte von 0,66 der sphäroiden Körper (Seite 287) annähern wird.

Wenn wir den Faktor k_{II} zu 0,63 annehmen, also etwa in der Mitte der Werte, welche sich für ein querliegendes Paraboloid (0,59) und eine Kugel (0,66) ergeben, so ist der mögliche Fehler für normale und pathologische Fälle zu nicht größer als ca. 5 % einzuschätzen. Etwas größer dürfte in ungünstigen Fällen die Fehlerquelle sein, welche durch die unsichere Abgrenzbarkeit der Sagittalprojektion des Herzens nach unten hin entstehen kann (5—10 %). Die Bestimmungsmethode hat insgesamt mit Fehlern zu rechnen, welche im ungünstigen Fall etwa 10—15 % betragen.

Das Herzvolumen ist nach unserer Untersuchung gleich dem 0,63fachen des Produktes der Fläche des Sagittalorthodiagrammes (F_a) und der größten Tiefe des Transversalorthodiagrammes ($l_{max.}$)

$$J = 0{,}63 \cdot F_a \cdot l_{max.}$$

Wenn F in qcm, l in cm eingesetzt werden, ist J in ccm; wenn die Maße in qdm bzw. dm genommen werden, ist J in Litern.

Die bisherigen Vermessungen bei 7 normalen männlichen Individuen, 5 Emphysematikern und 5 Herzkranken sind in folgender Tabelle zusammengestellt. (M_r, M_l und L sind die üblichen linearen Maße der Orthodiagramme. J_c ist das Herzvolumen, J_t das nach der früher angegebenen Methode bestimmte Brusthöhlenvolumen. Beigesetzt ist auch die Verhältniszahl: $100 \cdot \frac{J_c}{J_t}$, welche angibt, wie viele Prozente des Brusthöhlenvolumens durch das Herz ausgefüllt sind.)

	Normale							Emphysem					Herzfehler				
Fall Nr.:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Größe cm	140	164	164	165	167	167	170	166	166	167	173	180	—	154	—	163	168
Alter!	10	22	23	19	27	19	39	41	76	47	57	32	13	29	38	46	59
M_r cm	3,3	4,9	3,0	3,4	3,5	3,3	4,4	4,1	4,6	2,5	4,5	3,8	4,0	4,7	6,8	5,9	4,6
M_l cm	6,0	7,3	8,4	8,9	9,3	9,6	9,7	8,1	8,7	7,3	9,3	8,9	7,4	9,1	9,8	9,3	12,9
L cm	8,8	12,0	12,6	13,2	14,6	13,7	14,4	14,1	14,5	13,7	14,7	14,5	12,0	15,0	16,2	14,6	17,1
F_a qcm	52	86	86	97	117	110	121	113	115	90	127	123	85	126	171	117	161,5
$l_{max.}$ cm	6,6	8,7	9,2	8,3	7,4	8,3	10.0	9,7	8,7	8,4	9,9	10,8	8,5	8,8	16,1	11,5	11,8
J_c ccm	216	471	498	507	546	575	762	691	630	476	791	837	455	698	1733	847	1200
J_t Liter	2,32	3,65	4,88	4,76	5,16	5,01	5,91	9,09	6,33	6,9	8,4	7,7	3,2	4,97	7,44	6.09	7,86
J_c in % von J_t	9,3	12,9	10,2	10,6	10,6	11,5	12,9	7,6	10	6,9	9,4	10,9	14,2	14	23,3	13,9	15,3

In den Fällen 13—17 sind folgende Befunde: 13: Pulmonalstenose; 14: Mitralfehler, kompensiert; 15: dekompensierte Mitralinsuffizienz, Aszites, Emphysem; 16: primäre Dilatation des l. Ventrikels, Tachykardie; 17: Herzinsuffizienz, Ödeme, Emphysem.

Diese noch kleine Zahl von Bestimmungen läßt folgende vorläufigen Schlüsse zu:

Bei gesunden erwachsenen Männern fanden sich in fünf Fällen (2—6) wenig verschiedene Herzvolumina zwischen 471 bis 575 ccm (Mittelwert 520 ccm).

Nach anatomisch physiologischen Überlegungen erhalten wir als diastolisches Herzvolumen eine Mindestgröße von 400—500 ccm, indem das Gewebsvolumen[1]) des Herzens erwachsener Männer etwa 300 ccm, das Schlagvolumen beider Ventrikel[2]) zusammen 100—200 ccm beträgt. Dazu sind noch zu addieren das normalerweise wahrscheinlich kleine Restvolumen, welches die Kammern nicht austreiben, ferner das Blutvolumen beider Vorhöfe bei Kammerdiastole und das Blutvolumen im Koronargefäßsystem. Diese Überlegungen führen zur Annahme einer diastolischen Herzgröße, welche etwa im Bereich der nach unserer Methode bestimmten Werte liegt.

Wie schon aus der nicht unbeträchtlichen Schwankung des Herzmuskelgewichtes[3]) zu schließen ist, werden wir bei einer größeren Reihe von Bestimmungen des diastolischen Herzvolumens Normaler eine entsprechende Schwankungsbreite zu erwarten haben. Fall 7 weist auf eine derartige Variationsbreite hin.

Bedeutend größer sind die Variationen des Herzvolumens unter pathologischen Verhältnissen. Bei Emphysematikern erhielten wir, wie zu erwarten, meist etwas hohe Werte. Bei Herzfehlern finden sich Vergrößerungen bis auf mehr als das dreifache des normalen Herzvolumens (Fall 15).

Interessant ist auch das Verhältnis des Herzvolumens zum Brusthöhlenvolumen. Während nach unseren bisherigen Bestimmungen bei gesunden erwachsenen Männern 10 bis 13 $^0/_0$ des Brustraumes ($^1/_8$ bis $^1/_{10}$) durch das Herz ausgefüllt werden, sinkt beim reinen Emphysem dieser Anteil, z. B. in einem Fall bis 6,9 $^0/_0$; umgekehrt steigt bei Herzdilatation die Verhältniszahl oft bedeutend, z. B. im Fall 15 auf auf 23,3 $^0/_0$, also fast $^1/_4$ des Brusthöhlenraumes.

Man könnte daran denken, daß die Anwendung unserer Volumbestimmungsmethode bei Herzdiastole und Herzsystole eine quantitative Messung des Ventrikelschlagvolumens ermöglichen würde. Nun ist aber einerseits die systolische Volumabnahme des ganzen Herzens, in wahrscheinlich wechselndem Maße, kleiner als das Schlagvolumen beider Ventrikel, indem gleichzeitig die Vorhofsdiastole erfolgt. Andererseits dürfen wir nicht voraussetzen, daß die Fehler bei der Bestimmung des diastolischen und systolischen Herzvolumens, die je bis 15 $^0/_0$ betragen können, in gleichem Sinne geschehen. Die Fehler summieren sich möglicherweise und verhindern dann, weil die systolische Volumabnahme überhaupt nur etwa 20—40 $^0/_0$ des diastolischen Volumens beträgt, eine auch nur rohe Annäherungsbestimmung derselben.

Zusammenfassung:

Die Inhaltsbestimmung von Körperhöhlen und Organen ist möglich ausgehend von zwei, in senkrecht aufeinanderstehenden Richtungen hergestellten Orthodiagrammen. Für die Ermittlung von Brustraum und Herzvolumen ist am besten die sagittale und transversale Projektionsrichtung.

Bei der Bestimmung des Brusthöhlenvolumens nach der oben entwickelten Methode haben

[1]) Vierordt, Anatomische Daten. 3. Aufl., S. 50.
[2]) Tigerstedt, Lehrbuch der Physiologie. 5. Aufl., S. 229.
[3]) W. Müller, Die Massenverhältnisse des menschlichen Herzens. 1883.

wir mit einer Fehlergröße von höchstens 5—10%, bei der Bestimmung des Herzvolumens von höchstens 10—15% zu rechnen.

Die Methode kann zur approximativen Volumbestimmung beliebiger orthodiagraphierbarer Organe, Höhlen, Tumoren, Fremdkörper usw. angewendet werden, wobei der Faktor der Berechnungsformel jeweils entsprechend der Form des Objektes anzunehmen ist.

Aus der inneren Abteilung des städtischen Krankenhauses zu Barmen
(dirig. Arzt: Dr. Ed. Koll).

Über die Röntgendiagnose von Geschwür und Neubildung am luftgeblähten Magen.

Von

Ed. Koll.

(Hierzu 18 Bilder auf Tafel XVIII und XIX.)

Seit der Einführung der Kontrastmahlzeit ist der Röntgenuntersuchung des gasgefüllten Magens fast völlig außer Kurs gekommen. Die unbefriedigenden Ergebnisse dieser Methode sowie die offensichtlichen Fortschritte, welche uns die durch die Kontrastmahlzeit ermöglichte Beobachtung des gesunden und kranken Organs während der Verdauungsarbeit in schneller Folge gebracht hat, lassen dies begreiflich erscheinen. Soweit aus der Literatur ersichtlich, ist nur im Holzknechtschen Institute die methodische gleichzeitige Anwendung beider Untersuchungsarten im Gebrauch geblieben und scheint sich besonders beim Nachweise raumbeengender Erkrankungen als nützlich erwiesen zu haben. Erst die letzten Jahre bringen uns wieder literarische Erörterungen über die Bewertung der Gasaufblähung (Stiller, Nieden, Klaus Hoffmann, Röpke u. a.). Insbesondere sind es die Mitteilungen des letzgenannten Autors[1]) über seine Befunde am luftgeblähten Magen bei Ulkus, die unsere Aufmerksamkeit erregen. Auf Grund seiner Erfahrungen glaubt Röpke, die Methode als eine Bereicherung unserer Hilfsmittel für die Diagnose der Geschwüre des Magens betrachten zu dürfen, mit der es gelinge, Größe, Form, Lage, Tonus des Magens, Vorhandensein und Sitz eines Geschwüres, dessen Einwirkung auf erstere, Schwielenbildungen, Perforationen usw. kenntlich zu machen. Über Nachprüfungen seiner nach unseren früheren Erfahrungen überraschenden Befunde ist meines Wissens in der Literatur nichts bekannt geworden. Ich halte dieselben um so mehr für erwünscht, als es den Anschein gewinnt, daß der Ausbau der Röntgendiagnostik der umschriebenen Magenerkrankungen mittels der Kontrastmahlzeit nunmehr einem gewissen Abschlusse nahe gekommen, mindestens an einem Ruhepunkte angelangt ist.

Ich berichte deshalb über meine eigenen Erfahrungen.

Für die Magenaufblähung verfügen wir über zwei Methoden, die CO^2-Anfüllung durch Brausepulver und die Einführung von Luft mittels Gummigebläse durch den eingeführten Schlauch.

Erstere hat leider für unsere Zwecke gewisse Unzuträglichkeiten: unser Ziel ist die völlig glatte Entfaltung des Magens bis zu eben beginnender Dehnung; deren Eintritt markiert sich dem Patienten scharf durch das plötzliche Auftreten einer lästigen Spannung. Die Toleranz gegen die Ausdehnung der Magenwände durch die chemisch indifferente Luft ist dabei, wie aus meinen Druckmessungen hervorgeht, von Fall zu Fall eine auffallend gleichmäßige und schwankt nur in engen Grenzen. Anders bei CO^2-Aufblähung! Vermutlich ist der chemische Reiz der freien Kohlensäure die Ursache, daß hier die Reaktion eine so ungleichmäßige ist und viele Patienten schon bei ungenügender Aufblähung von Unruhe, Beklemmungsgefühlen usw. befallen werden und sich rasch des Gases wieder entledigen. Aus diesem Grunde zeigen die Abbildungen in der Literatur so selten gute Blähungsbilder nach CO^2-Einführung; insbesondere antworten die motorisch leicht erregbaren und muskelkräftigen mittleren und unteren Partien des Ma-

[1]) Röpke, Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte, Münster 1912, und Mitteilungen aus dem Grenzgebiete der Medizin und Chirurgie, Bd. 26, Heft 2, 1913.

gens auf den ungewohnten Reiz leicht mit lokalen Spasmen, die keine völlige Entfaltung zustande kommen lassen. Zudem entfällt hierbei die Möglichkeit, einen etwaigen Überschuß des Gases rasch und ohne weitere Störung der Untersuchung zu entleeren; außerdem benimmt uns dieselbe die Gelegenheit zu einer gleichzeitigen Messung des Mageninnendruckes, die ich für wünschenswert halte und stets in Anwendung ziehe.

Es verdient deshalb die Luftaufblähung den Vorzug.

Nicht mit Unrecht wird man die Frage erheben, ob die Prozedur bei Anwesenheit oder Verdacht von Geschwür oder Neubildung statthaft ist. Auch bei schonender Ausführung stellt sie immerhin einen erheblicheren Eingriff dar, als die einfache Magensaftentnahme und -spülung. Röpke hat sich des weiteren über die Frage ausgelassen. Die klinische Erfahrung hat schließlich darüber zu entscheiden. Ich selbst bin nur sehr zögernd und behutsam tastend an die Anwendung des Verfahrens bei Ulkusverdacht gegangen und vermochte nur allmählich mein Mißtrauen zu überwinden[1]).

Ich habe die Methode jetzt seit ca. 3½ Jahren in dem Röntgeninstitute meiner Abteilung neben der Durchleuchtung im Gebrauche. Unter den weit über 300 Magenpatienten vom Entwicklungs- bis zum Greisenalter, die ich aufgebläht, waren manche sehr dekrepide, viele mit früheren stärkeren Blutungen, zahlreiche mit okkulten Blutungen bis zum Zeitpunkte der Aufblähung: trotzdem erlebte ich bisher keinen Zwischenfall, weder eigentliche Schmerzen noch Schwächeanwandlungen noch Blutung usw.

Das scheint mir doch die Ungefährlichkeit und Zulässigkeit des Verfahrens zu erweisen!

Nicht erlaubt ist dasselbe außer unter den allgemeinen die Sondierung verbietenden Umständen selbstredend bei kurz vorhergegangenen stärkeren Blutungen und bei den geringsten Zeichen peritonealer Reizung. Auch bei Verdacht auf raumbeengende oder geschwürige Prozesse der Kardiagegend dürfte nach den schlimmen Zufällen, die gerade in Fällen dieser Art nach CO^2-Aufblähung mitgeteilt sind (Nieden), gesteigerte Vorsicht wünschenswert sein.

Bezüglich der Technik bin ich Röpke gefolgt:

Der Patient ist abgeführt und nüchtern; nach Einführung einer dicken Sonde legt er sich der Länge nach ganz platt mit Leib und unteren Brustpartien auf die Kassette; Einstellung auf 1. Lendenwirbel; besonders im Anfang langsame, nicht ruckweise Aufblähung mit Gummigebläse; durch Erheben der Hand signalisiert der Patient den meist plötzlichen Eintritt von Spannung; dann Momentaufnahme, darauf Entleerung der Luft durch Ventil.

Ich rate, von dieser Technik nicht abzugehen; sie hat sich als praktisch bewährt.

Bei vielfachen Versuchen mit Schirmbetrachtung und mit der Untersuchung am stehenden Patienten bin ich leider nicht zu befriedigenden Resultaten gekommen.

Seit über zwei Jahren mache ich sämtliche Luftaufnahmen unter gleichzeichtiger Druckmessung mittels des v. Recklinghausenschen Manometers. Die Druckhöhen bei Eintritt der Spannung sind dabei nach meinen Erfahrungen auffallend gleichmäßig, zwischen 35—40 cm Wasserdruck, nur selten bis gegen 45.

Abgesehen vom theoretischen Interesse halte ich aus praktischen Gesichtspunkten diese Druckmessung für wünschenswert. Sie erleichtert das Auffinden des geeigneten Momentes für die Aufnahme; mehrfach habe ich bei offenbar unzuverlässigen Angaben aufgeregter Patienten mich nur nach dem Manometer gerichtet. Sie verleiht auch eine gewisse Sicherheit gegen eine mögliche Überdehnung. In einem auf Ulcus duodeni verdächtigen Falle ließ ich mich wegen Ausbleibens von Spannungsgefühl bei der gewohnten Druckhöhe verleiten, bis zu dem Auftreten desselben bei 58—60 cm aufzublähen. Die Aufnahme ergab einen querliegenden, bis zum Nabel und 1½ handbreit nach rechts reichenden Magen; trotz Aufstossen von reichlich Luft war bei der darauf folgenden Durchleuchtung der Magen noch stark lufthaltig; der Speisebrei lag in schmalem querem Streifen in dem recht großen Magensacke mit horizontaler oberer Begrenzung; nur ganz minimale träge Peristaltik in der nächsten halben Stunde und mittelgroßer Sechs-Stunden-Rest: also das Bild einer akutem Dilatation! Folgen hinterließ dieselbe nicht; nach zehn Tagen ergab Wiederholung der Durchleuchtung das Bild eines ziemlich kleinen hoch- und querliegenden hypertonischen Magens mit starker Peristaltik und schneller Entleerung.

Man sollte also über die obengenannten Druckhöhen nicht hinausgehen.

---

[1]) Mein, wie zunehmende Erfahrung zeigte, anfänglich allzuängstliches Vorgehen führte zunächst vielfach zu unbefriedigenden Blähungsbildern; mit zunehmendem Sicherheitsgefühle besserten sich die Ergebnisse schnell.

In seltenen Fällen ist der Kardiaverschluß nicht genügend, um dem Innendruck bis zur vollen Entfaltung standzuhalten. In einigen dieser Fälle habe ich von einer Sonde, die in ihrem mittleren Teile über feinen Öffnungen luftdicht einen Kondomgummi trug, der sich bei der Lufteinblasung aufblähte und die Speiseröhre tamponierte, mit Vorteil Gebrauch gemacht.

Die allmähliche Entfaltung des Magens vollzieht sich in der Mehrzahl der Fälle, entsprechend der normalen Abstufung des Tonus, der mit der Mächtigkeit der Muskulatur distalwärts zunimmt, in der Weise, daß nach dem Fundus der Magenkörper, dann Sack, dann Pförtnerteil, zuletzt Duodenum sich aufblähen; in anderen — seltenen — Fällen verzögert Hypertonie der Pars media die Entfaltung derselben, während die distalen Partien einschließlich Zwölffingerdarm bereits gebläht sind. Relativ häufig ist folgendes Bild auf der Platte: der Fundus präsentiert sich als große, runde, tiefschwarze Blase, die sich mit scharfer bogenförmiger Begrenzung gegen die dünnkalibrigen, dunkelgrauen, unnachgiebigen, unterhalb gelegenen Magenteile abgrenzt und nicht selten die Übergangsstelle zu letzteren pilzförmig von oben überlagert. Auch bei Wiederholung der Aufblähung in einigen dieser Fälle ist es mir selbst bei Anwendung eines höheren Druckes nicht gelungen, den Widerstand dieser hypertonischen Partien zu überwinden. Ich sah diese Zeichen ausgedehnter Tonussteigerung besonders bei querliegenden Mägen und transpylorischen Affektionen.

Unschwer sind diese Bilder von denen mit ungenügender Füllung zu unterscheiden; letztere, die ich übrigens seit Anwendung der Druckmessung fast nie sehe, offenbart sich in einem leicht welligen Verlaufe der großen Kurvatur oder auch durch eine Fältelung der Vorder- oder Hinterwand, die sich durch längsverlaufende graue Streifen kenntlich macht; ähnliche Streifchen sieht man zuweilen oberhalb und unterhalb starker horizontaler Schnürfurchen, die dann gezackte Konturen zeigen können; Ursache und Bedeutung der letzteren sind offenbar von denen der Streifen bei ungenügender Füllung verschieden.

Auf guten Blähungsbildern präsentieren sich die Konturen des normalen Magens im Bereiche der großen und der oberen Partien der kleinen Kurvatur als ganz glatte Bogenlinien; nur die Anlagerung benachbarter Organe, besonders der Milz, kann flache, leicht deutbare Impressionen hervorrufen. Auch in ihren unteren Partien ist die kleine Kurvatur meist bogenförmig gestaltet. Bei Ptose von Körper und Sack springt sie dagegen oft in Form eines mehr weniger spitzen Zapfens tief in das Magenbild ein. Die Durchlässigkeit der Magenwandungen für die Strahlen ist allenthalben gleich gut; nirgends sind Schattenbildungen vorhanden. Am kaudalen Ende, innerhalb der Magenfigur oder etwas nach rechts und oberhalb derselben, erscheint die rundliche, dunklere Öffnung des Duodenums; letzteres ist selbst sehr häufig als luftgeblähter Schlauch mit seinen charakteristischen Kerkringschen Falten in einem großen Teile seines Verlaufes zu sehen.

Peristaltische Wellen sind am luftgeblähten, speiseleeren Magen nirgends zu sehen.

Die Veränderungen, die dieses Normalluftbild erleiden kann, wenn die Magenwandungen Sitz ulzeröser Prozesse geworden sind, schildere ich im folgenden an einer Reihe von Beispielen unter vergleichender Heranziehung des Durchleuchtungsbefundes.

Daß der Röntgenuntersuchung in allen Fällen eine erschöpfende klinische Untersuchung und in der überwiegenden Mehrzahl eine mehrtägige Beobachtung vorausgegangen ist, bedarf keiner Betonung.

Zuvor jedoch sei noch erörtert, was wir denn überhaupt von der Aufnahme des Luftbildes erwarten dürfen.

Schon frühere Erfahrungen und theoretische Erwägungen nötigen uns, unsere Erwartungen nach bestimmten Richtungen zu beschränken.

Man hat die Gasaufblähung mehrfach zur Form- und Größenbestimmung des Magens zu verwenden gesucht. Dem muß widersprochen werden! Der leere Magen ist bekanntlich bis auf die Fundusblase eng zusammenliegend und besitzt keine nennenswerte Lichtung. Größe und Form des entfalteten Organes sind, abgesehen von der Einwirkung der Nachbarschaft, abhängig von zwei im Magen selbst wirksamen Kräften, dem Tonus seiner Muskulatur und seinem jeweiligen Inhalt. Die Höhe des ersteren können wir zu ermessen suchen aus der Größe der Kraft, mit der er letzteren umschließt bzw. seiner Dehnung widersteht (peristolische Funktion). Die Kontrastmahlzeit stellt einen nach Volumen, spezifischem Gewicht, Sekretionsreiz, Richtung seiner Wirkung usw. uns bekannten, den Verhältnissen bei der Alltagsernährung nahestehenden Faktor dar. Wir dürfen deshalb Form und Größe des Organes nach Kontrastmahlzeit als ein annähernd getreues und, wie vieltausendfache Erfahrung gezeigt hat, den Bedürfnissen der Klinik

genügendes Abbild derselben nach entsprechend großer Mahlzeit betrachten. Dahingegen setzt die Gasaufblähung die Magenwandungen unter abnorme, unphysiologische, unübersehbare Innendruckverhältnisse, was nicht des weiteren erörtert zu werden braucht. Wir dürfen deshalb das Bild des gasgeblähten Magens nach Form und Größe nur als ein Zerrbild des wirklichen Magens betrachten. Auch über Bewegungsphänomene (Peristaltik, Entleerungsart und -zeit) vermag uns dasselbe nichts zu sagen, naturgemäß auch nichts über Sekretionsverhältnisse. Die Fragen, auf die wir von den beiden Methoden, der Durchleuchtung nach K.-M. und der Luftaufblähung, Antwort erwarten, sind also nicht durchwegs dieselben; es gilt danach nicht, zu untersuchen, welcher der beiden der Vorrang gebührt, ob die eine die andere zu ersetzen vermag, sondern wieweit sie sich zu ergänzen und zu kontrollieren vermögen.

1. Frau J., 53 J. Seit ca. $^1/_2$ Jahr Schmerzen in Magengrube nach l. zum Rücken ausstrahlend. Einfluß des Essens nicht ganz konstant. Umschriebener Druckpunkt scharf links neben Mittellinie und l. h. u.; Hyperazidität, leichte Hypersekretion; O. B. nach Boas' Standard-Kost im Magensaft einmal pos., in faec. stets neg.

D. (Durchleuchtung) ergibt außer Ptose und Atonie absolut normalen Befund.

L. B. (Luftbild) (Fig. 1): Magen vertikal stehend, bis ins Becken reichend; Pförtner rechts neben Wirbelsäule; Duodenum luftgebläht; in Mitte des Magenkörpers scharfe, lanzettförmige Einschnürung an gr. K., von deren Ende horizontales, graues, scharf konturiertes Schattenband zur glatten kl. K. zieht. Nach Ulkuskur beschwerdefrei.

2. Frau St., 37 J., schwere Ulkusbeschwerden seit längeren Jahren.

Bei D. glatte Konturen, Pförtner deutlich nach links oben verlagert, träge Peristaltik, faustgroßer 6 St.-Rest.

L. B. (Fig. 2) zeigt starke Ptose, scharfe zapfenförmige Einschnürung an gr. K. und Schattenband, das in eine diffuse, breite, leichte Schattenbildung entlang der kl. K. übergeht.

3. Bei Alma B., 21 J., (Ulkusschmerzen seit ca. $1^1/_2$ J.), zeigt L. B. an gr. K. des vertikalen, ganz links stehenden Magens eine scharfe, leicht kolbige Einziehung bis zu $^1/_4$ des Magenbildes; von da geht etwas zackiges graues Band medial und leicht abwärts bis zur glatten kl. K. D. zeigt normale Füllung und Konturen; in Höhe eines scharf umschriebenen Schmerzpunktes, der ca. 3 cm nach links von der Mitte liegt und genau mit der kl. K. zusammenfällt, tritt schon bei leichter aktiver Leibeinziehung stets bei wiederholtem Versuche eine spitze, scharfe Einziehung auf, die andauert, so lange der Leib eingezogen ist und bei Erschlaffung desselben langsam sich ausgleicht.

Ich beobachtete diese Erscheinung bei vier klinisch sicheren Geschwüren; bei einem derselben zeigte sie sich nur anfangs während des Essens und verschwand mit zunehmender Magenfüllung; in einem fünften, klinisch zweifelhaften Fall kam beim Leibeinziehen eine fast völlige horizontale Durchschnürung in Mitte des Magenkörpers zustande. Bei der Operation nach erfolgloser Behandlung fanden sich daselbst perigastritische Stränge, aber kein Ulkus. Ich vermag auf Grund so weniger Fälle nichts Sicheres über die Bedeutung des Befundes zu sagen; die Vermutung liegt nahe, daß auch in den anderen Fällen Adhäsionen bei seiner Entstehung wirksam sind. Man achte auf die Erscheinung auch schon während des Essens. Eine Fehlerquelle ist folgende: Die Höhenverschiebung des Magens ist bei aktiver Leibeinziehung im Gegensatz zu der respiratorischen in den distalen Partien am stärksten und nimmt zwerchfellwärts ab; dadurch kommt eine gewisse Querfältelung des Organs, oft mit Breitenzunahme, zustande, die mit der Stärke der aktiven Einziehung zunimmt und eine Einschnürung vortäuschen kann. Es darf also nur eine leichte Einziehung in Anwendung kommen, noch besser das Chilaiditische Verfahren. Vor Verwechselung mit einer peristaltischen Welle schützt die Feststellung des stehenden Charakter der Einschnürung und der Konstanz der Erscheinung bei Wiederholung.

4. Frau M., 39 J., schwere Ulkusschmerzen seit mehreren Jahren, oft wochenlange spontane Besserung. Während letzter Schwangerschaft und Wochenbett lange Monate völlig beschwerdefrei. (Fig. 3.)

L. B.: Magen vertikal stehend bis Unterrand des 4. L. W.; von Mitte der gr. K. geht tiefe, ziemlich breite scharfe Einschnürung und schräg abwärts verlaufendes breites, stark gezacktes dichtes Schattenband aus; mit ihm tritt unter rechtem Winkel eine von der kl. K. ausgehende unregelmäßig konturierte breite Schattenmasse zusammen; auch unterhalb der Basis der Einschnürung an gr. K. und oberhalb und unterhalb des Schattenbandes lichte Schattenbildungen in der Magenwand.

Zweimalige Durchleuchtung im Abstand von mehreren Monaten zeigt wider Erwarten als Folge dieser schweren Veränderungen nichts außer einer mäßigen diffusen Hypertonie der pars media während und kurze Zeit nach dem Essen, einer leichten Linksverziehung des Pförtners und einer Verlängerung der Austreibungszeit.

Eine Intermission der Geschwürsbeschwerden während Schwangerschaft und Wochenbett findet sich in meinen Krankengeschichten der letzten drei Jahre neunmal ausdrücklich erwähnt. Sechs dieser

Patienten zeigten längere Beschwerdefreiheit nur während dieser Zeit, der Rest überhaupt Periodizität der Beschwerden. Das Symptom scheint mir zur Abgrenzung gegen Cholezystitis, die das entgegengesetzte Verhalten zeigt, nicht ohne Bedeutung; ich finde dasselbe nur bei Faulhaber in einem Falle durch Sperrdruck hervorgehoben.

5. Frau E. K., 38 J., seit 12 Jahren Ulkus; vor 9 Jahren Hämatemesis; oft wochenlang spontane Besserung; während der einzigen Schwangerschaft und Wochenbett ganz beschwerdefrei; jetzt Rückfall.

L. B. (Fig. 4): An Grenze von mittleren und unteren Drittel der gr. K. tiefe lanzettförmige Einschnürung bis über Magenmitte; in der Umgebung diffuse lichte Schatten; von Spitze der Einschnürung geht schmales Schattenband bis zur kl. K.; letztere springt als dicker, dichter Zapfen tief ins Magenlumen ein.

D. zeigt an kl. K. nahe der tiefsten Stelle stark vorspringende Nische ohne Luftblase; gegenüber an gr. K. tief bis zur Magenmitte eindringende bleibende Einschnürung; keine divertikelartige Ausstülpung des oberen Sackes; unterer Sack füllt sich schnell; mittelgroßer 6-St.-Rest.

6. Frau F., 34 J., altes Ulkus, öfters Blutungen, zuletzt schwarzer Stuhl vor zwei Wochen.

L. B. (Fig. 5): Obere Partien der gr. K. zeigen im Bereich einer tiefen Milzimpression ein auffallendes Verschwommensein der Konturen (Perigastritis?); von Mitte der gr. K. geht Einschnürung und breites Schattenband bis zur kl. K.; ein zweites Band verläuft schräg nach unten und medial und verbreitert sich bald zu einer großen Schattenmasse, die die ganzen unteren Partien des Magens bis zur Wirbelsäule deckt.

D.: ca. 6 cm oberhalb Pförtner eine mehrere cm lange, ca. 2 cm breite Sanduhrenge an kl. K.; gr. K. oberhalb sackartig nach unten ausgebuchtet; der distale Sack füllt sich nur langsam, aber oberer Sack nach 1 Stunde leer; unterer zeigt nach 4 Stunden kleinen sichelförmigen Rest.

Operation wird abgelehnt. Nach innerer Behandlung außer öfteren Rückfällen relativ beschwerdefrei, in letzter Zeit wieder Blutung.

7. Anna St., 29 J., altes Ulkus; mehrere Blutungen, zuletzt vor Eintritt ins Kranhenhaus.

D.: Obere $^2/_3$ des Magens entfalten sich prompt; tief unten an gr. K. bis auf $1^1/_2$ cm von kl. K. eindringende breite Einschnürung. D. wegen Schwäche der Pat. abgebrochen. Aufnahme sofort p. c.: langausgezogener schmaler Körper, Sack groß, atonisch; tief unten an kl. K. leichte undeutliche Vorbuchtung (Nische?); keine Einschnürung; Pförtner um ein geringes nach l. verlagert. Nach 6 Stunden leer.

L. B. (Fig. 6): Oberhalb Mitte der gr. K. kurze scharfe Einschnürung und allmählich sich verbreiterndes Schattenband mit unregelmäßigen Konturen bis fast zur kl. K.; von derselben geht schräg nach l. unten ein zweites Band ab; auch unterhalb und oberhalb zeigt die Magenwand allenthalben fleckweise oder mehr diffuse Schattenbildungen; kl. K. springt in Form eines dunklen breiten, dann plötzlich sich verschmächtigenden Zapfens tief ins Magenbild ein; Pars pyl. reicht bis 3 Q. F. breit über rechten W. S.-Rand; Pförtner selbst dicht neben Wirbelsäule am 1. L. W.

Zur chir. Abteilung verlegt. Bei der Operation (Röpke) findet sich der linke, lang ausgezogene Leberlappen durch dicke, frische entzündliche Verwachsungen mit der Bauch- und vorderen Magenwand breit verbunden; dadurch ist Magen in seinem distalen Drittel um seine Längsachse gedreht. Nach Lösung der Verwachsungen zeigt sich das Geschwür, in eine derbe Schwiele eingebettet, an der vorderen Magenwand 2 Q. F. breit von der kl. K. Im Bereiche dieser Schwiele ist Magendurchmesser verkürzt, wodurch Sanduhrform bedingt ist. Querresektion, Heilung.

Es lag also ein anatomischer Sanduhrmagen vor; es erscheint nicht unmöglich, daß die Überlagerung der Einschnürungsstelle durch den nach vorne gedrehten distalen Magenteil die Sanduhrform verdeckte.

8. Alfred L., 23 J., Ulkussymptome seit mehreren Jahren.

D.: Während der ersten Phase der K. M. geht Speisebrei durch den Magenkörper in einzelnen dünnen, z. T. schlangenförmig sich windenden Streifchen; nur für ca. $^1/_2$ Min. bildet sich in der unteren Hälfte desselben eine ca. 4 cm lange Sanduhrenge mit leichter divertikelartiger Ausbuchtung an gr. K. oberhalb der Enge aus, die sich bei Leibeinziehen sofort ausgleicht. Darauf ganz normales Bild; kleiner 6 St.-Rest.

L. B. (Fig. 7) ergibt typische Einschnürung an gr. K., queres Schattenband bis zu kl. K. und angedeutete Linksverlagerung des Pförtners.

Nach erfolgloser Ulkuskur Operation (Sek.-Arzt Dr. Bauer): Untere Partien der kl. K., Pylorus und Anfangsteil der Duodenums durch breite Adhäsionen mit Leber und Gallenblase verbunden; in der Hinterwand des Pylorus altes hartes Ulkus.

9. Richard H., 57 J.; altes Ulkus. Im L. B. Magen gut entfaltet, links und tief stehend; an tiefster Stelle links neben Wirbelsäule vertikale, scharfe, kolbige, bis Magenmitte eindringende Einschnürung.

Auf dem Schirm teilt sich beim Essen Speisesäule in Magenmitte in zwei Teile; der eine geht zum Magenboden, der andere bleibt in sackartiger Ausbuchtung an gr. K. liegen; nach beendeter Füllung beide Teile dicht aneinanderliegend, doch ist Einschnürung noch eben erkennbar; distaler Sack zeigt

starke, oberer eben sichtbare Peristaltik; 8 St.-Rest im unteren Sack und zehnpfenniggroßer persistierender Fleck oberhalb Sanduhrenge.

10. A. M., 52 J., Lehrer; Magenbeschwerden seit Jahrzehnten.

D. zeigt Bild eines alten kallösen Ulkus mit großer Nische ohne Luftblase an kl. K. mit anatomischer Sanduhrenge und sehr erschwerter Passage der K. M. durch die Enge.

Im L. B. (Fig. 8) fällt vor allen Dingen der dicke, zackige, tief ins Magenbild eindringende Schatten der kl. K. auf; ein graues Schattenband, das von einer Einschnürung an gr. K. ausgeht, endet in unmittelbarer Nähe der kl. K.

11. Laura R., 24 J., mäßige Magenbeschwerden seit 4 J.

D.: Der Brei dringt langsam gegen starken tonischen Widerstand des Körpers in den schlaffen Sack. Im ersteren bleibt während des Essens medial neben dem schmalen Schattenweg der K. M., aber nicht konstant bei jedem Bissen, für einige Zeit an kl. K. ein ca. kirschgroßer, an gr. K. ein $2^1/_2$ cm langer, quergestellter Schatten zurück. Bei Leibeinziehung zeigt der Rückweg des aus dem Sack aufsteigenden Breies im Magenkörper eine Verengerung und oberhalb derselben medial eine Nische, lateral eine ziemlich tiefe sackförmige Ausbuchtung, besonders deutlich bei leichter Drehung nach dem II. schrägen D. zu.

L. B. (Fig. 9): Pyl. am l. Wirbelsäulenrand; an gr. K. eine schmalbasige, kolbigendende Einschnürung; von dem Ende derselben geht scharf konturiertes graues Band zur kl. K. und endet hier mit scharfer halbkreisförmiger Begrenzung in einer tiefen halbkugeligen Nische in dem dunklen Schatten der kl. K. — ein klares und anschauliches Bild eines alten kallösen tiefgreifenden Ulkus.

12. Frau Dr., 37 J., in jungen Jahren Magenbeschwerden und einmal Blutung; dann über 12 Jahre ganz beschwerdefrei; seit einigen Wochen Rückfall.

D. zeigt im Magenkörper eine ca. 10 cm lange Sanduhrenge, durch die erst nach ca. 10 Min. Brei in bleistiftdicken Streifchen unter starker Peristaltik des oberen Sackes mühsam durchzudringen beginnt; medialwärts vom Anfang der Enge tiefe napfförmige Nische mit übergreifenden Rändern und Andeutung von Luftblase; frontal erscheint große zackige nach vorne gelegene Nische; also kallöses perforiertes Ulkus an Vorderwand nahe kl. K. und anatom. Sanduhrenge.

Im L. B. (Fig. 10) geht Einschnürung und tief dunkles breites Schattenband zu dem massigen dunklen Schatten der kl. K.; dicht oberhalb, nahe der kl. K., erscheint das große, scharf umschnittene runde Lumen des Geschwüres von kreisförmigem Schattenrand umschlossen.

13. Leopold C., 50 J., ambulant; vor ca. 10 Jahren unbestimmte Magenbeschwerden; lange Jahre gut; Rückfall seit ca. 4 Monaten. Klin. Diagnose schwankt zwischen Ulkus und Karzinom.

D. zeigt sehr tiefstehenden atonischen Magensack; gr. K. frei, auch frontal; lebhafte, doch oberflächliche Peristaltik; P. pylor. nicht sichtbar, auch nicht auf Druck oberhalb; über 3 Q. F. breite Rechtsdistanz; doppeltwalnußgroßer 6 St.-Rest mit starker Peristaltik.

L. B. (Fig. 11): Magen ganz vertikal und links stehend; P. pylor. nicht sichtbar; in Mitte der gr. K. scharfe Einschnürung und Schattenband, das nach kurzem Verlauf in ca. fünfmarkgroße strahlenförmige Schattenmasse übergeht. Diagnose wird darauf gestellt auf Ulkus an Vorder- oder Hinterwand der P. media mit Spasmus der P. pylor. Durch den weiteren Verlauf bestätigt.

14. Leonhard L., 67 J., vor Jahrzehnten lange Jahre Magenschmerzen nach dem Essen; dann ganz gut bis Herbst 1915; seit dieser Zeit typische Schmerzen p. c.; leichte Hyperazidität.

D.: Sehr erschwerte Entfaltung der p. med.; während und sofort p. c. sagital und frontal tiefe kolbige Einschnürung der P. med., durch Palpation und Leibeinziehung nicht ausgleichbar. Magen in Längsrichtung geschrumpft, hoch- und querliegend, frontal mit Längsachse fast völlig horizontal von hinten nach vorne verlaufend; nirgends Nische. Aufnahme $^1/_4$ Std. p. c. zeigt ebenfalls den stark längs geschrumpften Magen; Sanduhrform nicht sichtbar.

Diese Längsschrumpfung zeigt sich bei zweimaliger Luftaufnahme, das zweitemal unter etwas höherem Drucke (45 cm), (Fig. 12) folgendermaßen: Fundus als runde Blase gut entfaltet; die ganzen unteren medialen und lateralen Partien desselben überschattet durch die hochliegenden grauen, unnachgiebigen distalen Partien; diese Schatten zeigen eine ca. fünfmarkstückgroße unscharf begrenzte Verdichtung in des Nähe der als dicker starker Schatten in das Magenbild einragenden kl. K. Diese fünfmarkstückgroße Schattenmasse entspricht wohl einem alten Ulkus und seiner verdickten Umgebung.

Die angeführten Beispiele genügen, um einige Fragen daran zu erörtern.

Daß die Gasaufblähung zur Erkennung von Größe und Form des Magens ungeeignet ist, habe ich bereits betont. Bezüglich der Lage zeigt die vergleichende Betrachtung der L. B. und D. B. fast völlige Übereinstimmung; das war wegen der Verschiedenheit der Körperstellung bei der Aufnahme a priori nicht zu erwarten. Beide Bilderreihen zeigen durchgehends eine ausgesprochene Längs- und Linkslage mit Tiefstand des Sackes; diese Lage ist wohl als

die Normalstellung bei Ulkus des Körpers und des Sackes anzusehen; durch stärkere Längsschrumpfung an kl. K. kann sie in allmählich zunehmende Querlage, meist mit stärkerer Hoch- und Linkslagerung, übergehen, wie das z. B. das D. B. von Fall 14 zeigt; aber auch hier ist im L. B. die Vertikalstellung erhalten. Vermutlich ist das auf eine reflektorische vorübergehende Verkürzung der Längsmuskulatur entlang der gr. K. unter dem Dehnungsreiz der Aufblähung zu beziehen.

Unser Interesse beanspruchen in erster Linie die Veränderungen der Silhouetten des Magens. Wir finden in den vier ersten unserer annähernd nach der steigenden Schwere der feststellbaren materiellen Veränderungen geordneten Fälle nur im L. B. scharfe Einschnürungen der gr. K., die im Bereiche der Vorder- und Hinterwand als quere graue Schattenbänder sich präsentieren. Er bedarf keiner Erörterung, daß die Einschnürungen in diesen Fällen nach Ursache und Bedeutung den funktionellen Sanduhrformen bei der Durchleuchtung nach K. M. gleichzusetzen sind. Letztere sind bekanntlich der sichtbare Ausdruck dafür, daß das betreffende Magensegment unter dem Einflusse eines Reizes — weitaus am häufigsten eines Geschwüres — im Zustand der Krampfbereitschaft sich befindet. Es ist leicht begreiflich, daß in manchen dieser Fälle, in denen die milde Einwirkung der K. M. ohne sichtbare Folgen bleibt, der ungleich stärkere Dehnungsreiz der Luftaufblähung noch den reaktiven lokalen Spasmus auszulösen imstande ist. In erster Linie dürfen wir wohl diese Divergenz im Verhalten des Magens bei frischen und oberflächlichen Geschwüren mit noch intakter Muskularis und Serosa erwarten. In der Tat hat uns in einer beträchtlichen Anzahl nach anamnestischen und klinischen Kriterien hierhergehöriger Fälle das L. B. einen spastischen Sanduhrmagen gezeigt, in denen die Durchleuchtung ganz oder wenigstens in dieser Hinsicht unfruchtbar blieb; dafür bot ein Teil dieser Durchleuchtungsbilder andere Hinweise auf ein Ulkus in Form von Linksverlagerung des Pylorus, 6-Std.-Rest nach gesteigerter Anfangsperistaltik usw. Der spastische Sanduhrmagen ist nun zwar nur ein relatives, nie allein für die Diagnose ausreichendes Ulkusmerkmal; in Kombination mit anderen klinischen und röntgenologischen Zeichen gewinnt er aber einen nicht zu unterschätzenden Wert. Gerade für diese Fälle, bei denen die Frühdiagnose so bedeutungsvoll ist, möchte ich auf die diagnostische Förderung durch das L. B. nicht verzichten.

Die erleichterte Auslösbarkeit des spast. S. M. durch Luftaublähung läßt denselben auch entstehen bei umschriebenen Reizzuständen anderer Provenienz, die nach K. M. dies nur ausnahmsweise tun, so in zwei Fällen, bei denen die Operation nur perigastritische Stränge ohne nachweisbares Ulkus ergab. In einem derselben gingen dieselben von einer Cholezystitis aus, die uns den Anlaß zur Operation gab. Auch zurzeit habe ich noch eine Patientin mit Cholecystitis calculosa ohne klinische Magenerscheinungen mit schön ausgesprochenem S. M. im L. B. in Behandlung.

Besondere Erwähnung erfordern weiterhin fünf Fälle weiblicher Patienten. Zwei derselben mit stark ausgesprochenem S. M. im L. B. bei normalem Durchleuchtungsbefunde boten zunächst klinisch keine Anzeichen für organische Magenwanderkrankung. Beide zeigten beträchtliche Funktionsschwäche des Nervensystems, die eine mit ausgesprochener hysterischer Färbung; bei letzterer trat nun in der Folgezeit, in der mehrfache Behandlungsversuche erfolglos blieben, eine Ausprägung der Symptome ein, die mehr und mehr auf Ulkus hindeutete. Okkultes Blut wurde nicht gefunden. Der Röntgenbefund blieb konstant. Schließlich brachte eine Ulkuskur völlige, jetzt seit zwei Jahren andauernde Beschwerdefreiheit, so daß mir Zweifel an der Berechtigung, hier einen hysterischen S. M. anzunehmen, nicht unbegründet erscheinen. Auch in dem zweiten Falle muß ich auf Grund kürzlich eingetroffener eingehender Mitteilungen der nach auswärts verzogenen intelligenten und zuverlässigen Patientin die Frage, ob nicht doch ein Ulkus vorliegt, in suspenso lassen. Im ganzen scheint mir nach meinen Erfahrungen die eindrucksvolle Prozedur der L. A. hysterische Zustandsäußerungen nicht gerade zu fördern!

Eine dritte Patientin bot einen Status asthenicus mit hochgradiger Ptose und Atonie ohne deutliche klinische Ulkussymptome; über den weiteren Verlauf konnte ich leider nichts eruieren.

Dagegen hat in zwei Fällen das L. B. uns anscheinend zu einer Fehldiagnose veranlaßt, wenigstens falls der negative Operationsbefund maßgebend ist; ich kann allerdings an letzterem nach dem weiteren Verlaufe der beiden Fälle Zweifel noch nicht ganz unterdrücken.

Ich skizziere einen derselben, da er auch in anderer Hinsicht erwähnenswert ist, etwas eingehender.

15. Emma K., 36 J., seit dem 18. Jahre Magenschmerzen p. c., besonders nach schweren Speisen; mit 24 Jahren nach bestimmter Angabe Erbrechen von reichlich schwarzem Blut; einige Wochen strenge Diätkur; dann lange Zeit gut; jetzt Rückfall seit $2^{1}/_{2}$ Jahren.

Klin. Diag.: altes Ulkus oder Ulkusnarbe (o. B. negativ).

L. B. In Mitte des Magenkörpers Einschnürung und schmales bis fast zur kl. K. reichendes Schattenband; in sehr plastischer Weise zeigen sich die distalen Magenpartien in ihrer Längsachse nach vorne abgewichen (Fig. 13).

Vor dem Schirm bleibt Speisebrei im Körper ca. 2 Min. unbeweglich stehen, während der Magen oberhalb sich stark füllt, dann gleitet er plötzlich in toto in den Sack, also unverkennbar ein plötzlich nachlassender Krampfzustand. Frontal von rechts nach links zeigt sich eine Magensilhouette, die wir unter normalen Verhältnissen etwa halbwegs zwischen sagittalem und zweitem schrägem Durchmesser erwarten würden; hoch über Pylorus ein tiefdunkler Dauerbulbus. Zwischen Magen und vorderer Bauchwand verläuft parallel zu letzterer vom Bulbus nach abwärts das weitentfaltete teils mit Luft, teils mit K. M. angefüllte Duodenum mit seinen charakteristischen Falten (s. Skizze).

Röntgendiagnose: Ulkus oder Ulkusnarbe an kl. K. mit Drehung der distalen Magenpartien nach vorne infolge Narbenzug[1]).

Ulkuskur ohne Erfolg. Bei der Operation (Dr. Bauer) nirgends Ulkus, Narbe, Adhäsion oder Injektion; langes gemeinsames Mesogastrium und Mesoduodenum; der obere Teil des Zwölffingerdarmes frei beweglich vorliegend; Nachbarorgane frei.

Nur kurze Zeit p. o. Nachlaß der Schmerzen; jetzt wieder die alten Beschwerden. Vermag die genannte Bildungsanomalie solch' hartnäckige, anscheinend typische Ulkusschmerzen hervorzurufen? Vielleicht durch leichte Achsendrehung am allzubeweglichen Duodenum? Die lange Intermission nach der früheren Blutung und Diätkur scheint in unserem Falle dagegen zu sprechen. Aber die Frage scheint mir immerhin diskutabel, nachdem in einem anderen Falle die operative Kontrolle ebenfalls lediglich ein ausgesprochenes langes Mesogastro-Duodenum mit freibeweglichem Anfangsteil des Zwölfingerdarmes ergeben hatte, in dem ich nach längerer Beobachtung zu der Wahrscheinlichkeitsannahme eines Ulkus duodeni gekommen war; die Durchleuchtung hatte hier Hyperperistaltik der distalen Magenpartien mit Dauerbulbus und Propulsion von p. pylor. und Anfang des Duodenums bei frontaler Besichtigung ergeben.

Der spast. S. M. ist bekanntlich inkonstant; diese Eigenschaft begründet ja z. T. seine diagnostische Abgrenzbarkeit gegen den anatomischen. Das haben wir bisher im L. B. in zwei Fällen beobachtet. Im Falle 8 ergab eine spätere L. A., allerdings nach dazwischenliegender klinisch erfolgloser Ulkuskur, Fehlen desselben, und im Falle 15 nur Andeutung einer Einschnürung; in allen übrigen Fällen mit Wiederholung der L. A. war der Befund konstant.

Nur ganz vereinzelt ergab D. B. auf Ulkus hindeutende Befunde, während L. B. versagte; am ausgesprochensten war das bei einem männlichen Patienten, bei dem Schirm Einschnürung und Nische an der Hinterwand nahe kl. K. ergab; L. B. zeigte einen etwas kleinen, schrägliegenden Magen mit kurzer walzenförmiger stark hypertonischer p. med. et pyl., keine Sanduhrform.

Eine Anzahl meiner Ulkusfälle zeigte weder im L. B. noch bei D. objektive Veränderungen. Soweit anamnestische und klinische Daten ein Urteil gestatten, liegt bei einem erheblichen Teil dieser Fälle der Verdacht eines Pförtnergeschwüres vor. Die röntgenologische Symptomenarmut desselben ist ja bekannt. Nur in vier sichergestellten Fällen desselben fand sich S. M.; davon waren zwei floride Geschwüre ohne Adhäsionen; der dritte Fall betraf eine ulkeröse Pylorusstenose; ob mit, ob ohne Perigastritis, ist mangels operativer Kontrolle frag-

[1]) Diese, wie sich erwies, unrichtige Annahme einer durch Narbenzug bedingten Achsendrehung konnte und mußte bei Berücksichtigung des völligen Fehlens von Schattenbildung im Magenluftbilde vermieden werden.

lich; zwei andere stenosierende Pylorusgeschwüre zeigten völlig glatte Wandungen des Magens im L. B.

Man wird also bezüglich der Sanduhrform im L. B. resümieren können, daß sie wegen ihrer leichteren Auslösbarkeit bei einer beträchtlichen Anzahl oberflächlicher Geschwüre die Frühdiagnose befördert, daß aber auch aus demselben Grunde eine erhöhte Vorsicht bei ihrer diagnostischen Verwertung erforderlich ist; auf dieselbe allein darf die Diagnose nicht aufgebaut werden.

Selbstredend wird man unter allen Umständen nur gut ausgeprägte, scharf umschnittene Schnürfurchen und Schattenbänder als Ausdruck eines S. M. gelten lassen dürfen; ich habe aber bei sorgfältiger Beobachtung nicht den Eindruck gewonnen, daß Form, Größe und Tiefe der Einschnürung uns sichere Anhaltspunkte gewähren, ob dieselbe auf Ulkus zurückzuführen ist oder nicht. Am ehesten scheint mir noch die kolbenförmige Endigung der Einschnürung bedeutungsvoll zu sein. In sehr charakteristischer Weise zeigen in einigen unserer Fälle (13 und 14) die Schattenbänder eine plötzliche rundliche oder zackige Auftreibung, im ersten Falle von fast Fünfmarkstückgröße, die dem Geschwüre selbst und seiner narbig verdickten Umgebung entsprechen dürfte.

Erheblich erhöht wird der diagnostische Wert der Sanduhrform, wenn sich derselben andere Veränderungen demselben zugesellen. Unsere Luftbilder zeigen dieselben nach mehrfacher Richtung.

Zunächst verändert sich häufig in charakteristischer Weise die kl. K.; während dieselbe in der Norm bogenförmig oder mehr weniger spitz zapfenförmig verläuft, springt sie bei Ulkus häufig in Form eines plateauartigen dicken Wulstes mit glatten oder unebenen Konturen tief ins Magenbild ein; besonders charakteristisch sind dann zuweilen scharfe Auswüchse, die nach dem Ende des Schattenbandes hinziehen und zuweilen mit demselben verschmelzen. Das sind Veränderungen, die nach unseren Erfahrungen allerdings nur bei alten kallösen Geschwüren mit stärkeren sekundären Veränderungen der Nachbarschaft vorkommen. Das anatomische Substrat dieser dichten Schatten der kl. K. sind z. T. Vergrößerungen und entzündliche Verdickungen und Auflagerungen im Bereiche des linken Leberlappens (Fall 7); in andern Fällen waren nennenswerte Schwellungen des linken Leberlappens klinisch nicht vorhanden; vermutungsweise dürfen wir an stärkere entzündliche Drüseninfiltrate als an das schattengebende Moment in diesen Fällen denken.

In einer beträchtlichen Anzahl unserer L. B. finden wir neben der Sanduhrform mehr weniger ausgedehnte, teils scharf umschriebene, teils allmählich in die normale Umgebung sich verlierende, nebelhaft lichte bis dicke wolkige Schattenbildungen, mit Vorliebe in der Nähe der kl. K. und in den mittleren und unteren Partien; in dem operativ bestätigten Falle 7 waren dieselben auf entzündliche Auflagerungen und Verdickungen der Magenwand zurückzuführen; wir werden mit Recht in den anderen Fällen ähnliche anatomische Veränderungen annehmen dürfen und können aus Ausdehnung und Dichte dieser Schattenmassen uns eine annähernde Vorstellung von der Schwere der sekundären entzündlichen Veränderungen der Magenwand machen.

Sehr schön präsentieren sich zuweilen im L. B. die Nischen tiefgreifender Geschwüre. Der Fall 11 zeigt höchst anschaulich die Profilansicht eines kallösen, wahrscheinlich in den linken Leberlappen perforierten Geschwürs; im Falle 12 sehen wir dagegen von vorne die runde dunkle Krateröffnung und die scharfe, medialwärts in den Schatten der kl. K. übergehende Kraterumrandung des alten kallösen tiefgreifenden Geschwürs der Hinterwand.

Wir sehen also, daß das L. B. die Erkennung junger und alter Geschwüre wesentlich zu fördern vermag; darüber hinaus vermittelt es uns wichtige Aufschlüsse über anatomische Folgeerscheinungen des geschwürigen Prozesses, die im Durchleuchtungsbild nicht darstellbar sind. Es stellt deshalb die Röntgenuntersuchung des luftgeblähten Magens eine bedeutsame Unterstützung, Ergänzung und Kontrolle der Durchleuchtung nach K. M. dar. Sie verdient des-

halb neben derselben besonders in allen zweifelhaften Fällen angewandt zu werden.

Beide gemeinsam repräsentieren einen wichtigen, für viele Fälle integrierenden Bestandteil unserer Hilfsmittel für die klinische Ulkusdiagnose. Es geht natürlich nicht an, die Forderung zu erheben, in der Praxis jeden Fall von Ulkus oder Ulkusverdacht der Röntgenuntersuchung zu unterziehen; wohl aber dürfte das im Krankenhausbetriebe zum mindesten für die nicht ganz frischen und die rezidivierenden Fälle anzustreben sein. Die Berechtigung dieses Standpunktes geht m. E. schon daraus hervor, daß erst die Röntgenuntersuchung uns über die klinische Ulkusdiagnose hinaus in zahlreichen scheinbar unkomplizierten Fällen ungeahnt schwere und ausgedehnte Veränderungen zeigt, auf die klinisch nichts hinweist, die aber für unser therapeutisches Handeln maßgebend sein können. Sicher besitzt die Röntgenuntersuchung bei Ulkus eine höhere Bedeutung, als die, welche in einigen neueren Darstellungen zur Anerkennung gelangt.

Die bisherigen Erörterungen bezogen sich auf die Darstellbarkeit der Geschwüre des Magenkörpers und ihrer Folgeerscheinungen im L. B. Das Verhalten des letzteren bei Neubildung des Magens, sowie bei Pförtner- und Zwölffingerdarmgeschwür soll in einem zweiten Teile erörtert werden.

Zur Diagnose der nicht strikturierenden, tuberkulösen oder karzinomatösen Infiltration des Coecum-ascendens.

Von

weiland Professor Dr. **Faulhaber** in Würzburg.

Hierzu Tafel XIX, Fig. a, b, c.

Im Jahre 1911 hat Stierlin bei nicht strikturierender Ileocoecaltuberkulose einen charakteristischen Röntgenbefund angegeben, der so typisch ist, daß er seither in die Literatur schlechthin als „Stierlinscher Befund" überging.

Er besteht bekanntlich darin, daß 5—8^h nach Einnahme der Kontrastspeise, also zu einer Zeit, wo mit Sicherheit eine Füllung des Coecums erwartet werden darf, man eine Leerheit desselben bei Füllung der angrenzenden Partien des Dickdarms im Röntgenbilde konstatiert. Besonders einleuchtend ist der Befund dann, wenn zugleich das unterste Ileum noch Kontrastingesten enthält, was zu dem angegebenen Zeitpunkt in der Regel der Fall ist; das Pathologische offenbart sich dann sozusagen auf den ersten Blick, denn solche Bilder — Fehlen des Coecum resp. Coecum-ascendens-Schattens zwischen unterem Ileum- und Colon transversum-Schatten — kommen in der Norm niemals vor.

Stierlin hat auch bereits angegeben, daß dieses Röntgensymptom sowohl bei derber Infiltration der Coecalwand, wo das Organ in ein starres, nicht mehr ausdehnungsfähiges Rohr verwandelt ist, als auch bei nur oberflächlichen tuberkulösen Ulzerationen, wo die Wandung noch nicht grobanatomisch verändert ist, gefunden wird, und er hat das gleiche Verhalten auch in einem Falle von Coecalkarzinom gesehen.

Die Befunde Stierlins sind nun sicherlich, da sie einigermaßen paradox anmuten, anfangs auf eine gewisse Skepsis gestoßen und darum wohl auch von vielen Seiten nachgeprüft worden. Trotzdem sind bestätigende kasuistische Beiträge in der Fachliteratur nur wenige niedergelegt, wohl deswegen, weil über ein so gut vom Entdecker beschriebenes, richtig gedeutetes und erklärtes Symptom wenig mehr zu sagen schien. Soweit ich die Literatur überblicke, hat nur Kienböck 1913 einen Fall von Tuberkulose des Aszendens mit positivem

Stierlin eingehend beschrieben. Von den Autoren, welche sich speziell mit der Röntgendiagnostik des Darms befassen, erwähnt Faulhaber 1913, daß er in zwei Fällen den Befund erheben konnte, Groedel, 1914, gedenkt des Symptoms nur referierend, scheint also über Eigenbeobachtungen nicht zu verfügen und Schwarz, 1914, bringt ebenfalls zwei eigene Fälle.

Da die in Rede stehenden Erkrankungen nicht gerade sehr selten sind, muß man das Schweigen der übrigen Autoren als allgemeine Zustimmung aufnehmen, um so mehr als entgegenstehende Beobachtungen meines Wissens bisher nicht veröffentlicht worden sind. Dieser Umstand und die Angabe Stierlins, daß sein Symptom sich regelmäßig bei den bezeichneten Erkrankungen des Coecum-ascendens finde, könnte einen leicht zu der Annahme verleiten, daß umgekehrt ein negativer Stierlin das Vorhandensein von Tuberkulose oder Karzinom des Coecums ausschließe.

Und so erscheint uns die Publikation der beiden nachstehenden Fälle schon aus dem Grunde nicht unwichtig, weil sie beweisen, daß bei notorischem Vorhandensein von Tuberkulose bzw. Karzinom des Coecums der typische Stierlinsche Befund auch fehlen kann. Darüber hinaus scheinen sie uns aber auch Positives zur Förderung der Diagnose dieser Erkrankungen zu enthalten.

Der erste Fall (zugegangen am 22. VII. 14) betraf eine 66jährige Frau, welche seit 1/4 Jahr über Schmerzen in der rechten Leibesseite klagte, die zeitweise sehr heftig kolikartig waren. Stuhlgang täglich, aber hart; Körpergewichtsabnahme in letzter Zeit um 15 Pfund.

Die Untersuchung ergibt im rechten unteren Leibquadranten einen kleinfaustgroßen höckerigen auf Druck schmerzhaften Tumor, der ziemlich beweglich scheint, bimanuell nicht palpabel und respiratorisch nicht verschieblich ist.

Klinisch wurde die Diagnose auf Coecalkarzinom gestellt und der Röntgenuntersuchung, die ja einen typischen „Stierlin“ erwarten ließ, sah man mit Interesse entgegen. Aber der erwartete Befund zeigte sich nicht; es wurde vielmehr das auf Tafel XIX, Fig. a reproduzierte Bild erhalten.

Röntgenogramm, sechs Stunden nach Einnahme des Bariumbreis aufgenommen: Auf dem Bilde zeigt sich das untere Ileum, Coecum, Aszendens und Transversum bis in die Nähe der linken Flexur kontrastgefüllt. Aus dem Konglomerat der letzten Ileumschlingen steigt die in das Coecum führende Schlinge nach oben und biegt dann nach rechts um, in dasselbe einmündend. Der Coecum-ascendens-Schatten ist von ganz auffallender Kleinheit und doch ist dieser Darmteil der ganzen Konfiguration des Bildes nach, welches im groben die Form des Coecum-ascendens bewahrt, offensichtlich vollständig gefüllt und ein Leersein bzw. Schattenausfall im Sinne von Stierlin hat nicht statt. Der Randkontur des Coecum-ascendens-Schattens ist von auffälliger Einförmigkeit der Linienführung: die sonst fast stets sichtbaren mehr oder weniger tiefen Einfaltungen seiner Wandung fehlen nahezu vollkommen. In der Kuppe der Flexura hepatica, sich fortsetzend bis weit ins Transversum hinein, das im übrigen bei normaler Weite und Haustrierung keine Besonderheiten zeigt, ist eine große Gasblase sichtbar.

Zu bemerken ist noch, daß das Bild auch nach sieben Stunden noch in gleicher Weise am Schirm zu sehen war und daß bei Schirmpalpation der Ort des fühlbaren Tumors dem Coecum-Schatten genau entsprach.

Die Operation (28. VII. 14, Enderlen) ergab ein Coecalkarzinom, dessen Entfernung wegen Vorhandensein miliarer Karzinose des Peritoneums nicht ausgeführt wurde.

An dieser Beobachtung war vor allen Dingen das Fehlen des Stierlinschen Befundes bemerkenswert, obwohl die Verhältnisse durchaus so lagen, wie dieser Autor angibt, nämlich, daß die ganze Coecalwand (karzinomatös) infiltriert und dieser Darmteil in ein starres Rohr verwandelt war. Wichtiger noch aber als dieser Punkt scheint mir in diesem Falle der Befund der pathologischen Verkleinerung des Coecal-Schattens und es liegt nahe, denselben als das Produkt einer karzinomatösen Schrumpfung aufzufassen (karzinomatöses Schrumpfcoecum in Analogie zu dem gleichen Prozeß am Magen).

Doch bevor ich des genaueren hierauf eingehe, möchte ich erst den anderen Fall hierhersetzen:

Im 2. Fall (zugegangen im April 1915) handelt es sich um einen 61jährigen Herrn, der seit etwa sechs Monaten stark abmagerte und öfters an diffusen Leibschmerzen litt. Dabei bestand Diarrhoë abwechselnd mit Verstopfung. Zeitweise subfebrile Temperaturen; Husten und Auswurf.

Aus dem Befund ist hervorzuheben, daß die klinische und röntgenologische Untersuchung eine deutliche Infiltration der rechten Lungenspitze ergab; im Sputum keine Tuberkelbazillen.

Das Abdomen war nicht aufgetrieben, weich; in der Typhlongegend war ein gänseeigroßer, harter, gut beweglicher Tumor zu fühlen. Die Diagnose schwankte zwischen Coecalkarzinom und tuberkulösem Ileocoecaltumor; in Anbetracht der vorhandenen Röntgeninfiltration neigten wir mehr der letzteren Diagnose zu.

Die Röntgenuntersuchung ergab auch in diesem Falle keinen „Stierlin", es wurde vielmehr sechs Stunden nach Einnahme des Bariumbreis das auf Tafel XIX, Fig. b (Textfigur 1) reproduzierte Bild erhalten. Auf dem Röntgenogramm zeigt sich das untere Ileum, Coecum, Aszendens und Transversum bis zu dessen Mitte kontrastgefüllt. Der Coecal-Schatten ist entschieden verkleinert, insbesondere verschmälert. Die Konturen sind an der lateralen Seite im wesentlichen normal mit den für das Coecum charakteristischen mäßig tiefen Einziehungen; an der medialen Seite ist der Kontur aber entschieden abnorm: es zeigt sich eine Schattenaussparung, unterhalb der Einmündungsstelle des Ileums konvex nach außen mit zerfaserten Konturen, oberhalb derselben mehr flach, mit stark unregelmäßiger Begrenzung. Die Einmündung des Ileum in das Coecum ist als horizontaler ca. 4 mm breiter Zapfen zu sehen; derselbe setzt sich oralwärts in die eine große Strecke weit deutlich differenzierbare zuführende Ileumschlinge fort. Deren Füllungsbild zeigt hufeisenförmige Krümmung mit Öffnung nach rechts und lateral und bietet in seinen Konturen bemerkenswerte Besonderheiten. An der Einmündungsstelle, wie erwähnt, ein wenige Zentimeter breiter Zapfen, biegt der Schatten mehrfach unterbrochen nach unten um und erweitert sich hier trichterförmig zu normalen Ileumlumen, um sich aber gleich darauf ganz unvermittelt wieder zu einem dünnen der lateralen Ileumwand entsprechenden etwa 2 cm langen dünnen Streifen zu verschmälern, der sich dann ebenso unvermittelt zu einem von da ab ganz normalen Ileum-Schatten verbreitet.



Fig. 1.

Das übrige Darmbild war ohne Besonderheiten; an der Flexura hepatica konstatierte man eine größere Gasblase, das Colon transversum war stark haustriert in normaler Weise sichtbar.

Zu bemerken ist noch, daß der fühlbare Tumor bei der Schirmpalpation der eben beschriebenen Schattenaussparung am Coecum bzw. der zapfenförmigen Füllung der zuführenden Ileumschlinge entsprach.

Daß die stark unregelmäßige Konfiguration der medialen Coecalwand und speziell die der einmündenden Ileumschlinge keine zufällige war, sondern, daß sie einen formgetreuen Abguß grobanatomischer Wandveränderungen darstellte, zeigte die am nächsten Tag mittels Kontrasteinlauf vorgenommene Kontrolluntersuchung, siehe Röntgenogramm, Tafel XIX, Fig. c.

Die Kleinheit und Verschmälerung des Coecal-Schattens tritt in diesem Bilde sogar noch auffälliger in die Erscheinung und in den übrigen Details der Bilder, speziell im Füllungsbilde der zuführenden Ileumschlinge herrscht, wie die Konturpausen, Textfigur 2, zeigen, eine bis ins kleinste gehende Übereinstimmung.

Mit Rücksicht auf die zweifellos mit vorhandene Wandinfiltration der zuführenden Ileumschlinge (neben der infiltrierten medialen Coecalwand) wurde die Diagnose jetzt auf tuberkulösen Ileocoecaltumor gestellt.

Die am 3. Mai 1915 vorgenommene Laparatomie (Dozent Dr. Lobenhoffer) bestätigte die Diagnose vollkommen, die infiltrierte mediale Coecumwand war mit der ebenfalls infiltrierten zuführenden Ileumschlinge zu einem Tumor verbacken. Außerdem fanden sich weiter aufwärts am Ileum zahlreiche größere tuberkulöse Geschwüre, alle 10—20 cm eines. Ein weiterer Eingriff wurde daher als zwecklos unterlassen.



Fig. 2.

Von diesen beiden Fällen muß der erste, was seine pathologisch-anatomischen Details anlangt, als Schulfall in Stierlinschem Sinne angesehen werden.

Denn hier war das ganze Coecum durch Wandversteifung in ein starres Gebilde verwandelt und gerade in einem so ausgesprochenen Falle hätte man nach Stierlin erwarten müssen, „daß der Darminhalt den kranken Kolonabschnitt so rasch durcheilt, daß es nicht zu einer röntgenologisch nachweisbaren Ansammlung desselben kommt." Daß dies nicht statthatte, gibt zu denken. Wie erklärt man sich denn das rasche Durchpassieren des Inhalts durch ein infiltriertes Coecum? Stierlin glaubt, daß dies daherkommt, weil die Eigenschaften, welche normalerweise den langen Aufenthalt des Inhalts im Coecum bedingen, das ist dessen Weite

und dessen Dehnbarkeit[1]) (wozu vielleicht noch die Antiperistaltik im proximalen Kolonabschnitt zu rechnen ist) hiebei wegfallen. De Quervain weist ferner zur Erklärung auf die Analogie des total klebrig infiltrierten Magens hin „welcher seinen Inhalt rasch durchrinnen lasse".

Ich muß gestehen, daß beide Erklärungen nur den vollkommenen Schattenausfall des Coecums nicht unbedingt begreiflich zu machen scheinen. Unmittelbar verständlich wäre es nur dann, wenn das Lumen des erkrankten Darmabschnitts auf einen so dünnen Kanal reduziert wäre, daß dessen Konstrastfüllung nicht hinreicht, um sich im Röntgenbilde bemerklich zu machen. Das ist aber gewiß nur ganz ausnahmsweise der Fall. Sobald aber ein irgendwie nennenswerter, wenn auch der Norm gegenüber stark verkleinerter Fassungsraum übrig bleibt, ist nicht ohne weiteres einzusehen, warum derselbe stets ungefüllt bleiben soll. Wegfall der normalen Weite und Dehnbarkeit des Organs kann nur erklären, daß nicht soviel Darminhalt und daß er nicht solange hier festgehalten wird, wie in der Norm. Ferner bleibt die Antiperistaltik des proximalen Kolonabschnitts, welche das Coecum immer wieder retrograd erfüllt, auch bei infiltrierter Wandung des letzteren erhalten. Und endlich kommt ja die Möglichkeit einer aktiven Entleerung durch peristaltische Kontraktion bei einem in der postulierten Weise erkrankten Coëcum nicht mehr in Betracht. Auch die von de Quervain ins Feld geführte Analogie mit dem skirrhösen Magen erscheint mir nicht stichhaltig. Denn sobald noch ein reeller Fassungsraum des Magens restiert, ist von einem „Durchrinnen" keine Rede, sondern derselbe wird zunächst angefüllt und nur das Überschüssige verläßt sofort den Magen.

Und wenn auch die Entleerungszeit desselben gegenüber der Norm infolge des permanent offenstehenden Pylorus stark verkürzt ist, so bleibt er doch stets einige Zeit gefüllt und ist insbesondere bequem röntgenographisch zu fixieren. Und überdies ist zu bedenken, daß die Analogie schon deswegen nicht ganz zutreffen kann, weil die Bedingungen der Entleerung, die letzten Endes doch eine rein passive, physikalischen Gesetzen gehorchende sein dürfte, beim infiltrierten Magen weit günstiger liegen, als beim in gleicher Form erkrankten Coecum. Denn der erstere ist vergleichbar einem gefüllten Trichter, der sich durch die Schwerkraft seines Inhalts entleert, das letztere einer Retorte, die höchstens bei weiterer Anfüllung durch die Vis a tergo zum Überlaufen gebracht wird.

Es ist also auch theoretisch nicht gut zu verstehen, warum ein wandinfiltriertes Coecum mit einem erhaltenen mäßigen Fassungsraum stets leer befunden werden sollte. Daß dies in praxi nicht immer statthat, lehrt unser erster Fall.

Es ist aber durchaus wahrscheinlich, daß die Kontrastfüllung des Coecums in solchen Fällen bei weitem nicht so lange andauert, wie in der Norm (16—20 Stunden). Denn in dem kleinen und starren Reservoir kann die Durchmischung mit nachfolgendem bzw. retrograd transportiertem Chymus lange nicht in so umfangreichem und ausgiebigem Maße erfolgen und relativ rasch wird der nachfolgende kontrastlose Chymus die Kontrastfüllung verdrängt haben.

Eine genaue Feststellung der Aufenthaltsdauer des Kontrastbreis im wandinfiltrierten Coecum konnte in unserem Fall aus äußeren Gründen nicht gemacht werden; festgestellt ist nur, daß nach einer Stunde das Bild im wesentlichen noch dasselbe war. In weiteren Fällen wäre genauer hierauf zu achten, liegt doch hierin ein wichtiges differentialdiagnostisches Moment.

Es bleibt hiernach aber noch zu erklären, warum in den einschlägigen Fällen Stierlins gleichwohl vollständige Schattenlosigkeit des Coecums zu konstatieren war. Hierüber kann man vorerst nur Vermutungen äußern. Stierlin betont ja ausdrücklich, daß trotz der starren Wandinfiltration das Lumen nicht aufgehoben war. Vielleicht liegt der Schlüssel zur Erklärung in der Tatsache, daß in den Fällen Stierlins die infiltrierte Wand nach dem Darmlumen zu stark ulzeriert war. Daß solche Ulzerationen bei nicht infiltrierter Darmwandung reflektorisch durch Überempfindlichkeit der erkrankten Schleimhaut auf dem Wege der aktiven Kontraktion eine Leerheit der erkrankten Darmpartie bewirkt, steht ja seit Stierlin fest. Bei infiltrierter

[1]) Seine Wandung ist die schwächste des ganzen Kolons.

Darmwand besteht aber die Schwierigkeit, daß der erkrankte Darmteil sich nicht mehr kontrahieren kann. Vielleicht ist hier die Leerheit so zu erklären, daß ein reflektorischer Spasmus oberhalb der erkrankten Partie jede stärkere Füllung verhindert. Bestimmend wäre hierfür also das Vorhandensein von Ulzerationen, während ein bloß wandinfiltriertes Coecum ohne Ulzerationen die Füllung längere Zeit tolerieren würde.

Große Schwierigkeiten bietet aber dieser Erklärung unser 2. Fall, wo nur die mediale Coecumwand infiltriert und mit größter Wahrscheinlichkeit auch ulzeriert (ausgefranster Kontur!) war. Hier hätte doch eine reflektorische Kontraktion der noch gesunden Coecalwand eine Leerheit herbeiführen können!

Wir müssen also vorläufig ein non liquet aussprechen und uns an die bloße Tatsache halten, daß in manchen Fällen von tuberkulös bzw. karzinomatös infiltriertem Coecum der klassische Stierlinsche Befund fehlt. Erfreulicherweise scheinen sich aber in solchen Fällen andere Möglichkeiten zu einer röntgenologischen Diagnose zu eröffnen. Sie beruhen in Abweichungen des Coecum-ascendens-Schattens von der Norm nach Größe, Form, Entleerung usw. Als diagnostische Merkmale können hier folgende gelten:

1. Pathologische Kleinheit des Coecum-ascendens-Schattens.
2. Abnorme Form und Konturenführung seiner Umgrenzung.
3. Starrheit seiner Wandung (Undehnbarkeit).
4. Beschleunigte Entleerung.

Die Größe des Coecum-ascendens-Schattens schwankt innerhalb der Norm in weiten Grenzen; immerhin kann man sagen, daß im allgemeinen das Coecum-ascendens der geräumigste Teil des ganzen Dickdarms ist. So wird man in ausgesprochenen Fällen kaum je im Zweifel sein, ob eine Verkleinerung als abnormal anzusehen ist oder nicht, besonders da in der Pathologie die Vergrößerungen des Organs die Hauptrolle spielen. Eine Hypertonie des normalen Coecum-ascendens z. B. wird niemals eine so extreme Verkleineruug bewirken, wie in Fall 1; abgesehen davon, daß sie dasselbe von tiefen haustialen Einschnürungen eingekerbt zeigen wird.

Es ist wiehtig zu wissen, daß es zur Hervorbringung solch typisch verkleinerter Coecum-ascendens-Schatten nicht einmal der allseitigen Infiltration der Darmwand zu bedürfen scheint. Wie Fall 2, zeigt genügt offenbar schon die Infiltration einer Seite der Wandung vollkommen, um eine starke Verkleinerung des Füllungsraumes zu bewirken.

Kommt noch zur Verkleinerung die abnorme Begrenzung des Coecum-ascendens-Schattens hinzu, so gewinnt die Diagnose erheblich an Sicherheit. Allerdings ist hier in der Beurteilung um so mehr Vorsicht am Platze, als gerade der Coecum-ascendens-Schatten sich häufig normalerweise durch Abenteuerlichkeit seiner Begrenzung auszeichnet. Nur eine durch wiederholte Untersuchung stets in der gleichen Weise sichtbare abnorme Konturierung wird hier den Wert besitzen, daß sie als Abdruck des Reliefs einer pathalogisch infiltrierten Darmwand gelten kann. Wichtig ist hier Unschärfe und Zerklüftung der Konturen, wie bei den analogen Prozessen am Magen. Ferner ist hier unbedingt eine kontrollierende Untersuchung durch Füllung per rectum zu fordern. Liefert sie eine solche Übereinstimmung in den Details der Formen wie in Fall 2, speziell bezüglich der einmündenden Ileumschlinge, so kann man sie getrost als durch anatomische Wandveränderungen verursacht annehmen.

Die Starrheit der Wandung eines in dieser Weise erkrankten Coecum-ascendens kann dadurch erwiesen werden, daß dasselbe sich undehnbar zeigt. Das geschieht schon durch die geforderte Kontrasteinlaufuntersuchung eventuell nach Papaverin (um spastische Zustände auszuschließen). Bleibt noch ein Zweifel übrig, so kann man die künstliche Dickdarmaufblähung mit Luft oder Sauerstoff zu Hilfe nehmen.

Und endlich wird die Diagnose noch durch die bedeutend verkürzte Aufenthaltsdauer der Kontrastingesten im Coecum-ascendens völlig zu sichern sein. Diese ist in höchstem Maße wahrscheinlich, wenn sie auch für unsere Fälle nicht strikte bewiesen wurde. Bleibt beispielsweise das Coecum nur $3-5^h$ kontrastgefüllt, gegenüber $16-20^h$ in der

Norm, so ist das ein schwer in der Wagschale fallendes Symptom, dessen Wert nur dann eingeschränkt ist, wenn profuse Diarrhoen bestehen.

Zusammenfassend wäre also zu sagen:

In manchen Fällen von nichtstrukturierender, tuberkulöser oder krebsiger Infiltration des Coekums fehlt der klinische Stierlinsche Befund. Die Röntgendiagnose ist aber gleichwohl in solchen Fällen möglich durch Beachtung der abnormen Verkleinerung des Coecum-ascendens-Schatten, seiner pathologischen Form und Umgrenzung, der Starrheit seiner Wandung und der Beschleunigung seiner Entleerung.

Literatur.

E. Stierlin, Radiographie in der Diagnose der Ileocoecaltuberkulose. Münch. Med. W. 1911, Nr. 23.

Kienböck, Zur Röntgendiagnose der Colitis ulcerosa, Fortschr. auf d. G. d. Röntgenstr., Bd. XX, Heft 3, 1913.

Faulhaber, Die Röntgendiagnostik der Darmkrankheiten, Albu's Sammlung zwangl. Abh., Bd. V, Heft 1, 1913.

Groedel, Röntgendiagnostik in der inneren Medizin, Lehmanns Atlanten, München, 2. Aufl. 1914.

Schwarz, Klinische Röntgendiagnostik des Dickdarms. Berlin b. Springer 1914.

De Quervain, Chirurgische Erfahrungen mit der Radiologie des Magendarmkanals, 29. Kongreß für innere Medizin 1912.

Aus dem Reserve-Lazarett I, Dresden (Chefarzt Oberstabsarzt Dr. Voigt).

Einführung des Sweetschen Verfahrens zur Fremdkörper-Lokalisation am Auge.

Von

Augenarzt Stabsarzt Prof. Dr. **v. Pflugk** und Röntgenarzt Stabsarzt Dr. **Weiser.**

Wie alle anderen Ophthalmologen und Röntgenologen, so haben auch wir durch den Feldzug eine ungewöhnlich große Anzahl von Fremdkörperverletzungen in der Augengegend in Behandlung bekommen. Zunächst wurden nacheinander die in der chirurgischen und ophthalmologischen Röntgenologie üblichen Lokalisationsmethoden geübt, ohne daß mit einer derselben befriedigende Resultate erzielt werden konnten.

Durch v. Liebermanns Veröffentlichungen kamen wir bald zu der Überzeugung, daß das Sweetsche Verfahren trotz seiner scheinbaren Kompliziertheit, bei einfachster Handhabung die schnellsten und sichersten Resultate ergeben muß.

Nun besitzt aber im Bereich der Zentralmächte nur die 1. Kgl. Ung. Univ.-Augenklinik einen Sweetschen Apparat, und zwar hat diesen der 1. Assistent der Klinik, Dr. v. Liebermann gelegentlich einer Studienreise aus Amerika mitgebracht. Der Apparat wird von der Röntgen-Manufakturing-Compagnie in Philadelphia hergestellt, demnach war keine Aussicht vorhanden, einen zweiten vor Friedensschluß zu erlangen.

Da sich aber der Mangel eines guten Lokalisationsverfahrens von Monat zu Monat stärker fühlbar machte, und da wir auch der Meinung waren, daß die Einführung des Sweetschen Verfahrens in Deutschland während der Kriegszeit von besonderem Werte sei, erbaten wir bei unseren vorgesetzten Dienststellen die Genehmigung zu einer Reise nach Budapest, um den Sweetschen Apparat an Ort und Stelle zu studieren und nötigenfalls nachzuarbeiten. Unsere Bestrebungen wurden von den Sächsischen und den Österreichisch-Ungarischen Ministerien in bereitwilligster Weise gefördert und durch das außerordentliche kollegiale und kameradschaftliche Entgegenkommen seitens des Direktors der Kgl. Ungarischen Universitäts-Augenklinik Nr. 1, Hofrat Prof. v. Grosz und seines ersten Assistenten Privatdozent Dr. v. Liebermann in Budapest wurde uns Gelegenheit gegeben, das vorhandene reiche Material der Klinik zu studieren,

das Verfahren praktisch auszuüben und den Apparat zum Zwecke der Nachbildung in allen Teilen zeichnerisch und photographisch aufzunehmen.

Nachdem Dr. v. Liebermann schon früher vergeblich versucht hatte, eine deutsche Firma zur Herstellung des Apparates zu bewegen, ging die Dresdner Firma Koch & Sterzel neuerdings darauf ein, an der Hand unserer Unterlagen zunächst für das Reserve Lazarett I Dresden einen Modellapparat herzustellen. Diesen Apparat haben wir mehrere Wochen lang benutzt und da seine Brauchbarkeit erwiesen ist — denn er gibt die gleichen Resultate wie der Originalapparat — haben wir Koch & Sterzel angeregt, den Apparat nunmehr in den Handel zu bringen, damit den Kliniken und Lazaretten der verbündeten Armeen die Möglichkeit gegeben wird, das Verfahren anzuwenden.

Das Sweetsche Verfahren gehört zu den Verschiebungsmethoden; es gleicht am meisten den Methoden von Moritz und Fürstenau. Die Röhre hat bei Sweet einen mittleren Ab-

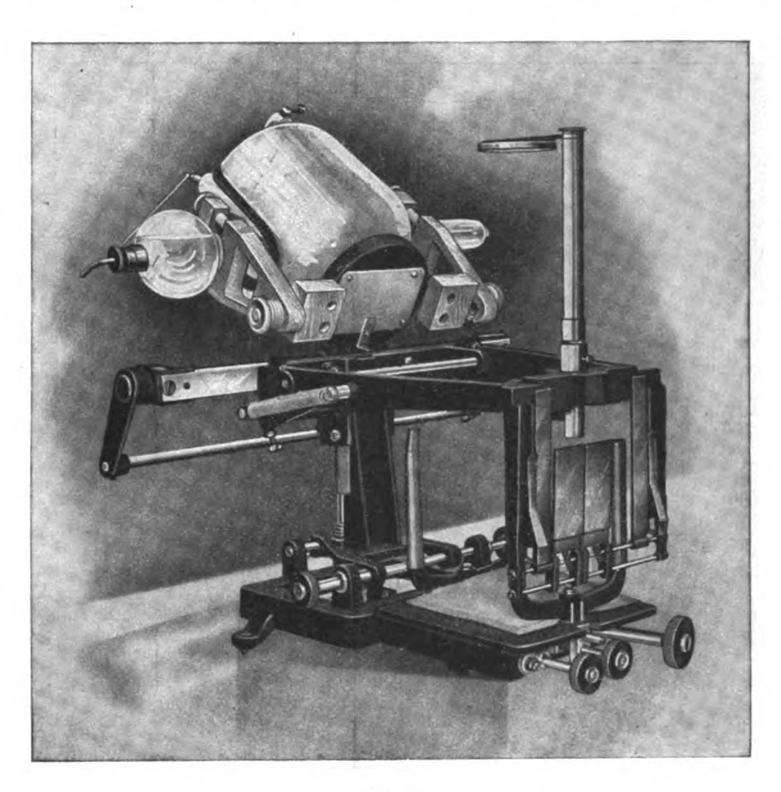


Fig. 1.
Sweetscher Apparat zur Fremdkörperlokalisation im Auge.

stand von 47 cm von der Platte und wird nach der ersten Aufnahme um 18 cm in die zweite Stellung verschoben. (Die Röntgenröhre ist dabei vorn außen vom gesunden Auge derartig angebracht, daß ihr Zentralstrahl nicht transversal durch beide Augen geht, sondern daß er die Nasenwurzel streifend, nur die knöcherne Umgebung des verletzten Auges isoliert auf der Platte zur Darstellung bringt. Dadurch wird erreicht, daß möglichst wenig knöcherne Teile übereinandergelagert abgebildet werden, und daß die Belichtungszeit herabgesetzt werden kann, weil nur relativ dünne Knochenschichten durchstrahlt zu werden brauchen.) Es werden demnach ebenso wie bei Fürstenau zwei Aufnahmen auf ein und derselben Platte gefertigt und aus der Verschiebung der beiden Fremdkörperbilder die Lage desselben bestimmt. Aus der Verschiebung allein läßt sich zunächst nur die Höhe des Fremdkörpers über der Platte berechnen. Es würde aber ziemlich umständlich sein, sich daraus auch nur annähernd eine klare Vorstellung von der Lage des Fremdkörpers zu bilden, namentlich deswegen, weil

die Lage des Augapfels zu den knöchernen Teilen der Augenhöhle bei den verschiedenen Patienten in weiten Grenzen schwankt. Um nun die Feststellung der Fremdkörperlage zum Augapfel auf eine sichere und für sämtliche Aufnahmen einheitliche Grundlage zu stellen, hat Sweet den Augapfel als festen Bestandteil in sein System eingesetzt, indem er ihn jedesmal in genau dieselbe räumliche Beziehung zur Röntgenröhre und zur Röntgenplatte bringt. Er erreicht dies dadurch, daß er an seinem Gestell eine Bleimarke anbringt, gegen welche der Augapfel derartig orientiert wird, daß sich die Mitte des Hornhautscheitels genau einen Zentimeter unter der Bleimarke befindet; die Einstellung geschieht auf handliche und schnelle Art mit Hilfe des Kopfhalters und zweier Visiervorrichtungen. In dieser Anordnung liegt der Hauptvorteil der ganzen Methode, denn durch die Festlegung sämtlicher Maße erübrigt sich eine jedesmalige Berechnung der Fremdkörperlage, sie wird vielmehr direkt von der Platte abgelesen und in das Schema eingetragen. Aus diesem gewinnt man ohne weiteres eine räumliche Vorstellung der Lage des Fremdkörpers in der Augenhöhle.

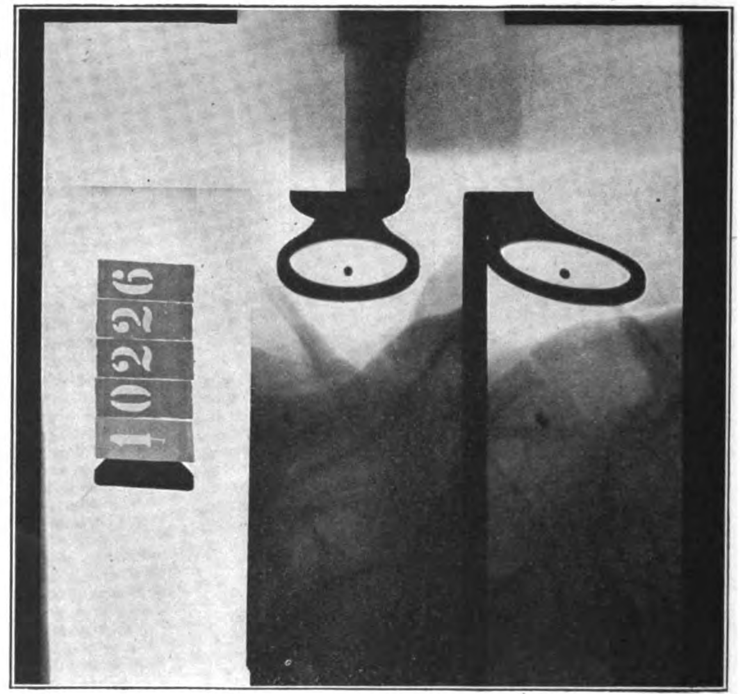


Fig. 2.
Röntgenaufnahme nach Sweet.

Der zweite Vorteil des Verfahrens liegt darin, daß die Röntgenröhre ein für alle mal fest eingestellt und zentriert im Schlitten verbleibt, so daß man sich bei den einzelnen Aufnahmen um die Einstellung der Röntgenröhre überhaupt nicht zu bemühen braucht. Der dritte wesentliche Vorteil des Verfahrens besteht darin, daß am Augapfel selbst, namentlich an der Hornhaut, keinerlei Maßnahmen vorzunehmen sind, insbesondere, daß keine Bleiglasprothesen, Bleimarken usw. auf der Hornhaut befestigt zu werden brauchen, so daß die vollkommen ungefährliche Ausübung des Verfahrens dem Hilfspersonal ohne Bedenken anvertraut werden kann.

Die Herstellung einer Sweetschen Aufnahme zerfällt in nachfolgende Abschnitte:

a) Der Kopf des Patienten wird bei Rückenlage, mit dem Blick nach oben, in das Gestell gebracht und durch die zwei seitlichen Kopfhalter fixiert.

b) Mit Hilfe dreier Gewindegänge und der beiden Visiervorrichtungen wird der Augapfel so orientiert, daß sich die Bleimarke genau 1 cm über dem Hornhautscheitel befindet.

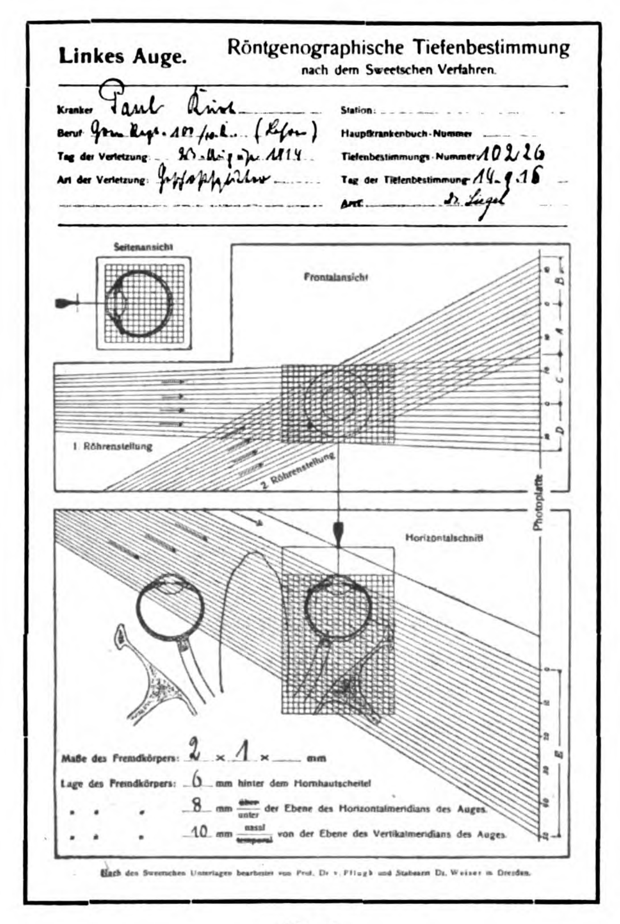
c) Die Platte wird eingesetzt und es wird zum ersten Male belichtet.

d) Die Röhre wird bis auf Anschlag verschoben und es wird zum zweiten Male belichtet.

e) Die Platte wird entwickelt, fixiert und anschließend die Verschiebung des Fremdkörperschattens mit Hilfe einer Quadratnetzplatte abgelesen und die festgestellten Entfernungen in das Formular eingetragen.

Den Sweetschen Originalvordruck haben wir aus dem Englischen übertragen und der deutschen ärztlichen Buchführung angepaßt.

Der ganze Prozeß läßt sich in 20—30 Minuten erledigen, und da es sich um ein in allen Teilen festgelegtes mechanisches Verfahren handelt, kann es dauernd vom Hilfspersonal erledigt



Linkes Auge. Röntgenographische Tiefenbestimmung
nach dem Sweetschen Verfahren.

Kranker Paul [illegible] Station:
Beruf [illegible] Hauptkrankenbuch-Nummer
Tag der Verletzung [illegible] Tiefenbestimmungs-Nummer 10226
Art der Verletzung [illegible] Tag der Tiefenbestimmung 14. 9. 16
Arzt Dr. [illegible]

Seitenansicht
Frontalansicht
1. Röhrenstellung
2. Röhrenstellung
Photoplatte
Horizontalschnitt

Maße des Fremdkörpers: 2 × 1 × ___ mm
Lage des Fremdkörpers: 6 mm hinter dem Hornhautscheitel
" " " 8 mm über/unter der Ebene des Horizontalmeridians des Auges.
" " " 10 mm nasal/temporal von der Ebene des Vertikalmeridians des Auges.

Nach den Sweetschen Unterlagen bearbeitet von Prof. Dr. v. Pflugk und Stabsarzt Dr. Weiser in Dresden.

Fig. 4.

Verkleinerte Abbildung des deutschen Berechnungsvordruckes, ausgefüllt nach der nebenstehenden Sweetaufnahme. In den Vordruck wird jeder Untersuchungsbefund eingetragen und der Krankengeschichte beigefügt. Der Vordruck ist zweiseitig bedruckt; eine Seite für das rechte, die andere für das linke Auge.

werden, so daß ärztliche Zeit durch das Verfahren überhaupt nicht in Anspruch genommen zu werden braucht. Nur bei schwierigeren Aufnahmen, z. B. bei starker Lidschwellung, Hornhautnarben usw. empfiehlt es sich, daß der Arzt zur Einstellung des Bulbus oder zur Kontrolle des eingestellten Bulbus für einen Augenblick herbeigerufen wird.

Die Handhabung des Apparates ist so einfach, daß man sich nach der Gebrauchsanweisung rasch einarbeiten kann. Immerhin sind wir selbstverständlich sehr gern bereit, jedem Kollegen das Verfahren praktisch vorzuführen und ihn mit der Ausübung vertraut zu machen.

(Aus dem Beobachtungslazarett Heidelberg. Leitender Arzt: Stabsarzt Prof. Fraenkel.)

Die Fraenkel-Albrechtsche Einteilung der chronischen Lungentuberkulose im Röntgenbild.

Von

Dr. **Büttner-Wobst.**

(Hierzu Tafel XXI.)

Die Röntgenplatte übertrifft alle anderen klinischen Untersuchungsmethoden bei der Beurteilung der Topographie einer tuberkulösen Lunge an Objektivität und Schärfe. Neben der Ausdehnung des Prozesses spielt jedoch eine diese weit überragende Rolle die pathologisch-anatomische Form desselben. In einer Studie in den „Beiträgen zur Klinik der Tuberkulose" befaßt sich Gerhartz[1]) mit dieser Frage und illustriert durch schematische Zeichnungen, wie sich die von Nicol[2]) angegebenen Tuberkuloseformen im Röntgenbilde darstellen. Die Nicolsche Einteilung der Lungentuberkulose hat neben der ihr zweifellos zukommenden wissenschaftlichen Exaktheit den Nachteil zu großer Kompliziertheit, als daß sie Allgemeingut der Ärzte werden könnte. Sie geht auch weiter als es nötig ist, und hat praktisch keine Vorzüge vor dem seit 1907 publizierten Fraenkel-Albrechtschen Einteilungsschema, auf das ich unlängst in der Münchner Medizinischen Wochenschrift[3]) erneut hinwies. Dieses Schema teilt die chronische Lungentuberkulose ein in:

1. Die zirrhotische Form,
2. Die knotige Form,
3. Die pneumonische Form.

Zwischen 1 und 2 stehen die knotig-zirrhotischen Formen, zwischen 2 und 3 die knotig-fortschreitenden und die knotig-pneumonischen.

Einzelheiten finden sich in der oben angeführten Arbeit. An dieser Stelle soll nur der Nachweis geführt werden, daß diese Tuberkuloseformen sich auch im Röntgenbilde typisch charakterisieren.

Die physikalischen Kriterien der Hauptformen gibt folgende Tabelle:

Erkrankungsform	Anamnese	Aspekt	Perkussion	Auskultation	Stimmfremitus
Zirrhotische Form	Altes Leiden	Einziehung und Nachschleppen	Schallverkürzung	verschärftes Vesikuläratmen	abgeschwächt
Knotige Form	subakuter Beginn	Nachschleppen	Dämpfung	Bronchovesikuläres bis Bronchialtatmen	verstärkt
Pneumonische Form	akuter Beginn	Nachschleppen	Dämpfung kompakte, größerer Bezirke	Bronchialatmen	verstärkt

Art der Rasselgeräusche und die Temperaturkurve unterstützen uns in unseren differentialdiagnostischen Erwägungen.

---

[1]) Bd. XXXIV, Heft 2.
[2]) l. c. Bd. XXX, 5, 231 ff.
[3]) 1916, Nr. 32.

Im Röntgenbild zeigt:

1. Die zirrhotische Form: Eingesunkensein der erkrankten Partien. Enge Interkostalräume, steiler stehende Rippen oder aber Verziehung der Weichteile nach dem Orte der Erkrankung zu. Vikariierendes (kompensatorisches) Emphysem der gesunden Lungenabschnitte. Strangförmige Schattengebungen, oft vom Hilus aus strahlenförmig nach der kranken Spitze zu ziehend.

2. Die knotige Form: Keine Einziehung, fleckige, weicher konturierte Schattengebungen, teilweise konfluierend.

3. Die pneumonische Form: Flächenhafte Verschattung großer Bezirke, ohne Schrumpfungserscheinungen.

Bei allen drei Formen kommen die in prognostischer Beziehung wichtigen Kavernen vor. Sie stellen sich im Röntgenbild am deutlichsten dar bei den Zirrhosen, sind nahezu stets erkennbar bei der knotigen Form, und bleiben nur auch röntgenologisch unentdeckt dann, wenn sie wie bei den pneumonischen Prozessen sich darstellen als Zerfallshöhle ohne bindegewebige Wand und erfüllt mit käsigem Exsudat.

Die Abbildungen veraugenscheinlichen das Gesagte.

Fall 1. Klinische Diagnose: Offene Lungentuberkulose, doppelseitig-mehrlappiger Prozeß, zirrhotische Form.

Röntgenographisch: Streifenförmige Schattengebungen, besonders deutlich vom linken Hilus nach der Spitze ziehend. Verziehung des Mittelschattens nach links.

Fall 2. Klinische Diagnose: Offene Lungentuberkulose, rechtsseitig, mehrlappiger Prozeß, zirrhotische Form.

Röntgenographisch: Starke Einziehung, steil abfallende Rippen, enge Interkostalräume, Verziehung des Mittelschattens nach rechts, vikariierendes Emphysem links, Schattenstränge.

Fall 3. Klinische Diagnose: Geschlossene Lungentuberkulose, rechtseitiger Hilusspitzenprozeß, knotig-zirrhotische Form mit Neigung zu Subfebrilität.

Röntgenographisch: Fleckige Schattengebungen über der rechten Klavikula, beginnende Verziehung des Mittelschattens nach rechts oben.

Fall 4. Klinische Diagnose: Offene Lungentuberkulose, doppelseitig-mehrlappiger Prozeß, knotig-fortschreitende Form, mit Fieber.

Röntgenographisch: Ausgedehnte, groß- und kleinfleckige Verschattung beider Lungenfelder, keine Verziehung.

Fall 5. Klinische Diagnose: Offene Lungentuberkulose, doppelseitig, mehrlappiger Prozeß, knotig-pneumonische Form.

Röntgenographisch: Ausgedehnte groß- und kleinfleckige Verschattung beider Lungenfelder. Keine nennenswerten Schrumpfungserscheinungen.

Fall 6. Klinische Diagnose: Offene Lungentuberkulose, rechtsseitig-mehrlappiger Prozeß, pneumonische Form.

Röntgenographisch: Flächenhafte Verschattung von der rechten Klavikula abwärts.

Die Müllersche Heizkörper-Siederöhre
(zugleich ein Beitrag zur Physiologie der Röntgenröhre).

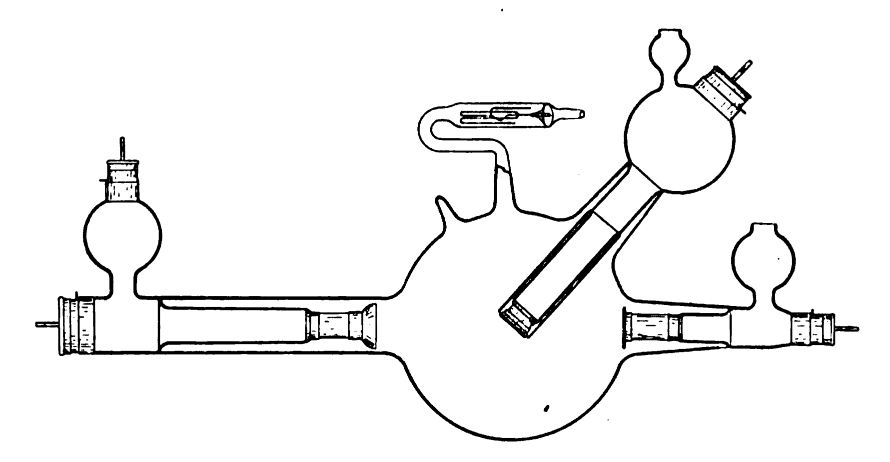
Von
Dr. med. **Gustav Loose**-Bremen.

Wenn wir eine bereits gebrauchte Wasserkühlröhre einschalten, sehen wir regelmäßig die Erscheinung wiederkehren, daß die Röhre anspricht, härter wird, so daß sie nachreguliert werden muß, sich dann auf einem gewissen Härtegrad eine Zeitlang konstant hält, um schließlich mit zunehmender Erhitzung immer weicher zu werden, schließlich so weich, daß sie ausgeschaltet wird. Nach erfolgter Abkühlung ist sie wieder hart geworden, und das Spiel beginnt von neuem. Lassen wir nun einmal einer Wasserkühlröhre ihren Willen, so sehen wir, daß das Weichwerden mit steigender Temperatur des Wassers immer stärker wird bis zu dem Moment, wo das Wasser siedet; von nun an tritt das Gegenteil ein: die Röhre bleibt völlig konstant, und zwar in einer Art und Weise, wie man es früher kaum für möglich gehalten hätte. Dabei ist der Gang der Röhre von dem Moment des Siedens an ein so ruhiger, gleichmäßiger und geräuschloser, daß man eine weiche Röhre vor sich zu haben glauben könnte, was in Wirklichkeit indes durchaus nicht der Fall ist; mit einem Härtemesser oder einer Röntgenplatte kann man sich leicht hiervon überzeugen. Es ergibt sich aus diesen Versuchen also die Tatsache, daß die natürliche Erhitzung einer Röhre durchaus physiologisch ist und ein ausgezeichnetes Mittel darstellt, die Ionisierung des Vakuum zu beschleunigen und den Stromdurchgang zu erleichtern. Es ergibt sich ferner, daß das Prinzip der Kühlung als unphysiologisch, falsch, ja als der Todfeind einer Röhre bezeichnet werden muß, den sie mit aller Kraft niederzuringen sucht. Diese Erkenntnis birgt den Beweis für die Richtigkeit der alten praktischen Erfahrung in sich, daß, je stärker die Kühlung (Luft-, Wasser-, Sprühwasser-, Kohlensäure-) auch die Abnutzung der Röhre ist. Woran liegt es nun, daß die hervorragenden Eigenschaften des siedenden Wassers erst so spät, nämlich erst nach Ablauf des Wasserkühlpatentes erkannt wurden? M. E. daran, daß wir jüngeren die Anschauungen der älteren Schule als geheiligte Dogmen übernahmen, ohne sie einer kritischen Nachprüfung zu unterziehen. Begünstigt wurde es ferner durch die oben erwähnte Tatsache, daß kurz vor dem Sieden das Weichwerden der Röhre am stärksten ist, und man allen Grund zu haben glaubte, dem Nochweicherwerden durch Ausschalten des Stromes vorzubeugen,

Neue Erkenntnisse weisen neue Bahnen; und so muß das moderne Streben dahin gehen, die Erhitzung der Röhre von vornherein zu begünstigen; mit andern Worten: sie anzuheizen. Bucky sucht dies dadurch zu erreichen, daß er kochendes Wasser in das Antikathodengefäß einfüllt. Aber abgesehen davon, daß das Hantieren mit kochendem Wasser außerordentlich unbequem ist, ist es auch viel leichter gesagt als getan. Denn eine Abkühlung des Wassers durch die kalte Röhre läßt sich niemals vermeiden, und heißes, nicht kochendes Wasser begünstigt das rapide Weichwerden der Röhre, wie wir oben gesehen haben, bis zu dem Moment, wo das Wasser durch die Heizkraft des Röntgenstromes ins Sieden gerät. Es wird mir auch jeder zugeben, daß das Einfüllen von heißem Wasser in eine kalte Röhre eine gewisse Gefahr des Zerspringens in sich birgt, und auch bei dem Mutigsten, die ersten Male wenigstens, nicht gerade angenehme Gefühle erwecken wird. So ist denn auch Bucky gezwungen, anfangs den ganzen Patienten mit Gummi abzudecken und die Röhre eine Zeitlang laufen zu lassen, bis sie auf natürlichem Wege ins Sieden kommt; dann erst kann der Patient abgedeckt und bestrahlt werden. Alle diese Nachteile lassen sich nun auf die einfachste und eleganteste Weise dadurch umgehen, daß das Wasser in der Röhre selbst zum Sieden gebracht wird, und zwar durch Vermittlung eines elektrischen Heizkörpers, der ohne weiteres mit einem Stecker an eine

beliebige Leitung angeschlossen wird. Seine Heizkraft ist so bemessen, daß er das kalte Wasser der Antikathode in fünf Minuten zum Sieden bringt; war das Wasser von einer früheren Bestrahlung noch heiß, genügen wenige Augenblicke. Er bleibt dauernd in der Röhre und muß vor Einschalten der Hochspannung abgeschaltet werden, um ein Übergehen von Hoch- auf Niederspannung zu vermeiden; eine sehr einfache Vorrichtung sorgt dafür, daß dies zwangsweise geschieht. Wird jetzt der Röntgenstrom eingeschaltet, kommt das Antikathodenwasser momentan ins Sieden. Wir ersparen also der Röhre eine ganz erhebliche Arbeitsleistung und setzen sie dadurch in die Lage, von vornherein ihre ganze Kraft der eigentlichen Bestimmung zuzuführen und von vornherein ihren ganzen Nutzeffekt uns zur Verfügung zu stellen. Sie dankt uns für diese Hilfe dadurch, daß sie nun sehr rasch sich auf den gewünschten Härtegrad einstellt und auf ihm im Wärmegleichgewicht konstant bleibt für lange Zeit, da das siedende Wasser jeden Überschuß an Wärme ableitet. Das dies in der Tat der Fall ist, ersehen wir daraus, daß die weichere Röhre im Vergleich zur härteren wesentlich stärker kocht, das siedende Wasser also einen automatischen Regulator zwischen Wärmeerzeugung und Wärmeableitung darstellt, wie wir ihn vollendeter uns nicht denken können.

Die überraschenden Resultate der Siederöhren veranlaßten mich nun, auch die Verhältnisse an den andern Elektroden, der Anode und der Kathode, einer näheren Prüfung zu unterziehen. Ich ließ mir zu diesem Zwecke von der Firma Müller-Hamburg eine 3-Heizkörperröhre herstellen, wie sie die nebenstehende Abbildung zeigt. Anode und Kathode sind so konstruiert,



daß sie ebenfalls Kühlelektroden darstellen, in die andererseits, genau wie bei der Antikathode ein Heizkörper eingeführt werden kann. Ich bin also in der Lage, jede Elektrode mit Luftkühlung, Wasserkühlung und Wasserheizung auszustatten, die Röhre daher unter $3 \times 3 \times 3 = 27$ verschiedenen Bedingungen zu betreiben. Stelle ich mit Hilfe der Heizkörper die Temperaturen des Wassers auf verschiedene Grade ein, steigt die Vielseitigkeit ins Unendliche. Um das Resultat vorweg zu nehmen, betone ich, daß die Versuche eine Fülle von Überraschungen boten, wie ich sie selbst nicht erwartet hatte. Zu einer gewissen Erkenntnis gelangt, habe ich mir das Vergnügen gemacht, eine große Anzahl Sachverständiger auf medizinischem, physikalischem und technischem Gebiete zu examinieren: alle, auch die allergelehrtesten sind glatt durchgefallen, und verschiedentlich habe ich einen schwer gekränkten und geknickten wissenschaftlichen Stolz im Bremer Ratskeller wiederaufrichten müssen.

Ich beginne als der einfacheren mit der Anode. Lasse ich meine Röhre als Antikathodensiederöhre und mit Anodenluftkühlung laufen, so ergibt sich auch nach längerer Zeit kein merklicher Unterschied. Anders dagegen unter denselben Bedingungen, jedoch mit Anodenwasserkühlung. Es stellt sich die Temperatur des Wassers langsam, aber sicher auf genau 25 Grad ein; erhöhe ich die Temperatur auf 30 Grad, fällt sie langsam, aber sicher auf genau 25 zurück. Wir sehen also: die Wärmeverteilung an Anode und Antikathode verhält sich wie

25:100. Die Einstellung ist eine so exakte, daß wir diese Röhre als ausgezeichnetes Instrument benutzen könnten, um unsere Thermometer auf das feinste zu eichen.

Wesentlich schwieriger liegen die Verhältnisse an der Kathode. Hier kommt es zunächst auf die Betriebsweise an. Mir stehen für therapeutische Zwecke zwei Apparate zur Verfügung: ein moderner Veifa-Reform und ein neuer, großer Siemens & Halske-Gleichrichter. Ich beschränke mich zunächst auf den ersteren. Lasse ich meine Röhre an ihm mit der mit der Firma vereinbarten Therapievollbelastung und Kathodenluftkühlung einige Volldosen lang laufen, so merkt man alsbald, daß warme Luft dem Kathodenhals entströmt. Lasse ich nun vorsichtig einen Tropfen Wasser an die Rückfläche des Kathodenspiegels gelangen, so zerstäubt dieser im Moment des Berührens unter lebhaftem Zischen zu Wasserdampf; ein Beweis dafür, daß dort eine nicht unbedeutende Temperatur herrschte. Ich wiederhole den Versuch mit wassergekühlter Kathode und messe die Temperatur des Kathodenwassers nach jeder Volldosis. Nach der ersten steigt sie von Stubenwärme auf etwa 30 Grad; nach der zweiten von 30 auf 40; nach der dritten schon wesentlich langsamer auf 45 und von nun an immer langsamer und langsamer bis auf genau 50. Es verhält sich in diesem Stadium also die Verteilung der Wärme an Anode : Kathode : Antikathode = 25 : 50 : 100. Da diese Einstellung der Kathode haarscharf sich Tag für Tag wiederholte, glaubte ich anfangs, daß sie ebenso gesetzmäßig sei wie die Einstellung der Anode auf 25 Grad. Daß dies nicht der Fall ist, werden wir später sehen. Bei mir liegt der Grund dieser anfangs verblüffenden Tatsache darin, daß ich mit dem Veifa-Apparat nicht imstande bin, die Belastung einer Röhre noch zu steigern; in andern Worten darin, daß dieser Apparat nicht imstande ist, die Temperatur der Kathode über einen gewissen Grad hinwegzubringen. Den Beweis für die Richtigkeit dieser Behauptung erbringt die Gegenprobe. Ich erhöhe mit dem Heizkörper die Temperatur des Kathodenwassers auf 60 Grad und schalte ein. Nach der ersten Volldosis sinkt sie auf etwa 55 und von nun an langsam bis auf 50 zurück, weil die Abkühlung des Wassers größer ist als die Erwärmung durch die Kathode.

Bringe ich nun meine Röhre an den Siemens & Halske-Gleichrichter, der eine wesentlich stärkere Belastung zuläßt, aber auch von vornherein die Röhre viel stärker erhitzt, so ergeben sich für Anode und Antikathode genau die gleichen Verhältnisse wie am Veifa-Apparat. Bei der Kathode indes spielt die Zahl 50 nicht die gleiche Rolle. Es scheint zwar auch jetzt bei 50 ein gewisser kritischer Punkt zu liegen, der aber bei zunehmender Belastung regelmäßig überschritten wird; allerdings steigt über 50 die Temperatur außerordentlich langsam, und ich habe sie auf natürlichem Wege noch nicht über 65 hinausbringen können. Erreiche ich es künstlich durch den Heizkörper, so ergibt sich dasselbe wie vorher: die Temperatur sinkt auf den von der Kathodentemperatur abhängigen Wärmegrad. Wir sehen also, daß bei konstanter Temperatur der Anode und Antikathode das ganze übrige Verhalten bestimmt wird von der Kathode.

Hat es nun überhaupt Zweck, an der bisher üblichen Konstruktion der Kathode irgend etwas zu ändern? Nehmen wir eine Wasserkühlröhre gewöhnlicher Ausführung, etwa eine Rapidröhre, so sehen wir die oben beschriebenen Erscheinungen auftreten, nämlich, daß die Röhre bis zum Siedepunkt des Wassers weicher wird, mit dem Siedepunkt indes konstant bleibt. Selbstverständlich hat auch die Wärmeableitungsfähigkeit des siedenden Wassers seine Grenzen und die Vorteile der Konstanz beschränken sich auf einen gewissen Härtegrad, und zwar auf denjenigen, wie wir ihn augenblicklich in der Tiefentherapie verwenden. Würden wir andererseits eine neue, noch relativ gasreiche Röhre zu den Versuchen benutzen, so treten die Erscheinungen der Konstanz gar nicht oder wenigstens lange nicht in dem Maße auf wie bei gasarmen; denn bei den ersteren ist die Wärmeerzeugung eine derart hohe, daß auch das siedende Wasser sie nicht auszugleichen vermag; die Röhre wird weicher und weicher werden bis zum Blaulaufen. Ganz anders eine gasarme Therapieröhre; ist diese unter Vollbelastung eine Zeitlang konstant geblieben, so sehen wir genau das Gegenteil eintreten, daß sie nämlich schließlich die Tendenz annimmt, langsam, aber sicher härter zu werden, ja so hart, daß sie

zur Erzielung eines ruhigen Ganges nachreguliert werden muß. Läßt der Apparat eine höhere Belastung zu, so bin ich in diesem Stadium in der Lage, bei demselben Milliampèremeterstand die Röhre wesentlich höher belastet zu betreiben, was, wie wir noch sehen werden, praktisch von außerordentlichem Vorteil ist. Meines Erachtens beruht das Härterwerden nach Dauerbelastung darauf, daß nach Erreichung, resp. Überschreitung einer gewissen Kathodentemperatur das Metall derselben langsam zu zerstäuben anfängt und die Metallstäubchen gierig Gasteilchen an sich reißen und dadurch die Röhre immer gasärmer = härter machen. Diese Erscheinung wird immer stärker, so daß schließlich die Kathode ins Glühen kommt und die Zerstäubung eine derart rapide wird, daß die Röhre den gewohnten unruhigen Gang einer ganz harten annimmt. Läßt man sie erkalten, funktioniert sie wieder wie früher. Bedingung ist jedoch, daß das Metall der Kathode völlig rein war; enthält es, wie jetzt in Kriegszeiten wohl nicht immer ganz zu vermeiden, nur Spuren von Verunreinigungen, so tritt die Zerstäubung wesentlich früher auf und die Metallstäubchen schlagen sich in Gestalt eines Spiegels an der Glaswand der Kathode nieder; die Röhre ist dadurch völlig vernichtet. All diesen Übelständen arbeitet nun die Wasserkühlung oder besser die Wasserheizung in ausgezeichneter Weise entgegen, indem sie eine vorzeitige Überhitzung der Kathode verhindert. Die Folge ist, daß wir diese Röhren viel höher belasten können, ohne sie in ihrer Konstanz zu beeinträchtigen. Ja, die Wärmeableitung durch das siedende Antikathoden- und das heiße Kathodenwasser ist eine so große, daß alle bisher zur Schonung der Röhre in der Tiefentherapie benutzten Apparaturen, wie Rhytmöre, Phasenwähler oder dergleichen vollständig überflüssig sind, so hübsch sie auch erdacht und durchkonstruiert sein mögen. Wir sparen also nicht nur nicht erheblich bei den Anschaffungskosten unserer Röntgenapparate, sondern vereinfachen auch in sehr erwünschter Weise unseren Betrieb, indem das Ein- und Ausschalten der Hilfsapparate fortfällt. Wir haben also genau wie bei einer Zeitaufnahme nichts anderes zu tun als den Motor des Gleichrichters auf volle Kraft einzustellen und die Röhre auf den gewünschten Härtegrad einzuregulieren. Ich vermeide absichtlich irgendwelche Angaben über Milliamperemeter, Härtegrade usw., da alle diese Zahlen nur für den betreffenden Betrieb stimmen und niemals ohne weiteres auf einen andern übertragen werden können. Meines Erachtens sind alle Zahlen ebenso langweilig wie irreführend. Um jedoch dem Leser eine Vorstellung von den Vorteilen der höheren Röhrenbelastung zu geben, erwähne ich folgendes: Unter meiner Tiefenvolldosis verstehe ich diejenige Menge Röntgenstrahlen, die nach 3 mm Aluminiumfilterung keine oder eine nur unwesentliche Hautreaktion hervorruft, dafür aber als „Röntgenquittung" eine kräftige Pigmentation nach drei bis vier Wochen. Diese Dosis erreiche ich unter Vollbelastung am Veifa-Apparat in 20 Minuten; am Gleichrichter unter voller Motortourenzahl und halber Kraft in 10, bei $^3/_4$ Kraft bereits in 5 Minuten. Die Belichtungszeit noch mehr herabzusetzen, was von seiten der Röhre keine Schwierigkeiten machen würde, halte ich aus hier nicht näher zu erörternden Gründen für falsch.

Hiermit sind jedoch die Vorteile meiner Röhre noch nicht erschöpft. Wir wissen aus langer Erfahrung, daß eine in Betrieb gewesene Röhre mit der Erkaltung härter wird, so daß sie beim Wiedergebrauch reguliert werden muß. Diese Erscheinung erklärte man damit, daß die heißen Elektroden beim Abkühlen gierig Gasteilchen an sich ziehen und diese hiermit dem Vakuum entziehen, es also gasärmer = härter machen. Verhindern wir nun die rasche Abkühlung durch das siedende, resp. heiße Wasser oder durch Anheizen, so müßte dies für die Konstanz des Vakuum von Bedeutung sein. Daß dies in der Tat so ist, lehrt die Erfahrung meiner Röhre. Bucky hat schon auch darauf hingewiesen, daß Siederöhren rapid hart werden und kräftig reguliert werden müssen, wenn sie ansprechen sollen. Auch die Heizkörperröhre muß beim Wiedereinschalten nachreguliert werden, aber lange nicht in dem Maße wie die Bucky-Röhre, und außerdem stellt sie sich, wie leicht verständlich, viel rascher auf den konstanten Härtegrad wieder ein. Bei meiner Röhre scheint nur noch die unvermeidliche Abkühlung der Glaswand härtend einzuwirken, ein Übelstand, den man durch kräftige Belastung am besten begegnet.

Meinen Betrieb habe ich in der Weise geregelt, daß ich Diagnostik und Therapie zeitlich trenne. Vor Beginn der letzteren lasse ich durch mein Personal die Röhre anheizen, so daß das Antikathodenwasser tüchtig siedet; bei der Anode genügt ein Einschalten von wenigen Sekunden, um eine annähernde Temperatur von 25 Grad herzustellen; die genaue Einstellung besorgt die Röhre automatisch. Auch der Kathode erleichtere ich ihre Arbeit durch Vorwärmen auf etwa 50 Grad; doch ist es immerhin möglich, daß sich dies im Laufe zunehmender Erfahrung ändert. Ich habe nun also meine Röhre „unter Dampf" und jederzeit gebrauchsfertig zur Verfügung. Nach Lagerung des Patienten genügen wenige Augenblicke, um das Antikathodenwasser ins Sieden zu bringen und die Bestrahlung kann sofort beginnen. Die Röhre arbeitet in oft stundenlangem Betriebe so zuverlässig und gleichmäßig, wie ich es früher nicht gekannt habe, und trägt dadurch zur Betriebssicherheit in erheblichem Maße bei. Der Gang ist ein absolut ruhiger; das Wasser der Antikathode brodelt und siedet und sein Anblick wirkt so beruhigend, daß ich mich kaum mehr in jene Zeiten zurückdenken kann, in denen das siedende Wasser als Warnungssignal galt, die Röhre schleunigst auszuschalten. Das Ausströmen des Wasserdampfes in das Zimmer ist durchaus nicht nachteilig; alle Metallteile, auch die in nächster Nähe der Röhre, bleiben völlig blank und trocken; ja, ich behaupte sogar im Gegenteil, daß die Feuchtigkeitsanreicherung unserer trockenen Zentralheizungsluft sehr angenehm empfunden wird, zumal wenn man dem Wasser einige Tropfen erfrischender aromatischer Substanzen (Fichtennadelessenz oder dergl.) zufügt. Die Röntgennausea und der Röntgenkater sind seit der Zeit ganz erheblich geringer geworden.

In den nächsten Monaten wird bei mir der Wettkampf zwischen der Heizkörpersiederöhre und der Glühkathodenröhre von Siemens & Halske beginnen. Wer Sieger bleiben wird, weiß ich noch nicht; bei dem jetzigen Stand glaube ich die erstere. Hierüber ein andermal, sobald genügende Erfahrungen vorliegen.

Zum Schluß meiner Betrachtungen fasse ich das Ergebnis in folgenden Sätzen zusammen:

1. Die Kühlung einer Röntgenröhre ist unphysiologisch und prinzipiell falsch.
2. Genau das Gegenteil, die frühzeitige Anheizung, ist richtig, da die Wärme zur Ionisierung des Vakuum beiträgt und dadurch einen völlig ruhigen Gang auch harter Röhren herbeiführt.
3. Zur Konstanthaltung des Vakuum ist der Überschuß der Eigenerwärmung abzuleiten.
4. Einen idealen, automatischen Wärmeregulator bildet das siedende Wasser (Siederöhre).
5. Das Sieden des Wassers wird am besten durch einen elektrischen Heizkörper erreicht (Heizkörper-Siederöhre).
6. Die Hauptquelle der Wärme ist die Antikathode; die zweite die Kathode und die geringste die Anode. Sie verhalten sich wie 100:ca 50:25 (3-Heizkörper-Siederöhre).
7. Bei konstanter Antikathode und Anode wird das Vakuum beherrscht von der Kathode.
8. Die Wärmeableitung der Kathode ermöglicht eine bedeutende Steigerung der Belastung und dadurch eine wesentliche Steigerung des Nutzeffektes.
9. Der aromatisierte Wasserdampf erweist sich als nützlich und erfolgreich gegen die Röntgennausea und den Röntgenkater.

Die physikalischen Vorgänge im Vakuum scheinen wesentlich komplizierter zu sein als man bisher annahm. Sollten daher einige der beschriebenen Erscheinungen anders zu erklären sein, nehme ich jede Aufklärung mit Dank entgegen.

Aus der Medizinischen Univ.-Klinik zu Rostock (Direktor Geh. Med.-Rat Prof. Dr. Martius).

Beiträge zur Kenntnis des Lungenechinokokkus.

Von

Fritz Weinberg und **Erich Degner.**

(Hierzu Tafel XX.)

Die Echinokokkenkrankheit kommt in Mecklenburg endemisch vor. Becker, der die Madelungsche Statistik über die endemische Verbreitung der Echinokokkenkrankheit in Mecklenburg für die Zeit von 1884—1905 fortgesetzt hat, konnte nicht weniger als 327 Fälle zusammenstellen. Am häufigsten wird der Leberechinokokkus gefunden, an zweiter Stelle kommt der Lungenechinokokkus. Bei Madelung finden wir in 11,9% der Fälle, bei Becker in 8,5% die Lunge als Sitz der Erkrankung.

Bei dieser Häufigkeit des Lungenechinokokkus muß es auffallen, daß die Diagnose im Frühstadium fast niemals gestellt wurde. Erst im dritten Stadium, beim Auftreten von Zysten oder Teilen davon wird die Krankheit erkannt. Es liegt das daran, daß im ersten und zweiten Stadium der Lungenechinokokkus keine eindeutigen Symptome macht. Die Patienten klagen über Stiche, Schmerzen in der Brust, haben quälenden Reizhusten, meist nur wenig und nur zeitweise schleimigeitrigen Auswurf, der blutig tingiert ist. Oft geben die Patienten an, Blut ausgehustet zu haben. Diese Anamnese weist auf Tuberkulose hin. In der Tat sind fast alle Patienten mit Lungenechinokokkus für tuberkulös gehalten worden und waren oft in Heilstätten.

Ist die Echinokokkuszyste ziemlich groß, dann gibt natürlich die physikalische Untersuchung manchen Anhaltspunkt. Die Dämpfungslinie verläuft nach oben in konvexem Bogen, bei der Auskultation fällt der plötzliche Übergang von lautem zu oft ganz aufgehobenem Atemgeräusch auf. Diese physikalischen Symptome sind in ausgesprochenen Fällen außerordentlich typisch.

Man hat versucht durch neuere Untersuchungsmethoden einen Schritt weiter zu kommen. Jedoch sowohl die Komplementbindungsmethode als auch die Untersuchung auf eosinophile Leukozyten geben nicht absolut sichere Resultate. Wir werden darauf bei der Besprechung unserer Fälle noch zurückkommen. Zudem sagt ja auch der positive Ausfall der Untersuchung nichts über den Sitz des Echinokokkus aus.

In letzter Zeit hat man für die Diagnose des Lungenechinokokkus die Röntgenuntersuchung zu Hilfe genommen. Diese Untersuchungsmethode gibt einwandsfreie Resultate. Man kann direkt von einem typischen Röntgenbilde sprechen. Man sieht einen sich vom helleren Lungengewebe deutlich abhebenden fast kreisförmigen, scharf umrissenen, gleichmäßig dichten Schatten. Diese scharfe Begrenzung, wie sie nach Holzknecht durch Prozesse hervorgerufen wird, die das Lungengewebe verdrängen, aber nicht substituieren, bildet ein wichtiges Unterscheidungsmerkmal gegen infiltrierende Tumoren der Lunge. Ist der Echinokokkus schon in die Bronchien durchgebrochen und ganz oder teilweise ausgehustet, so bietet das Röntgenbild zuweilen kavernenähnliche Zeichnung: einen scharf umgrenzten dunklen Ring mit ganz heller Mitte. Der dunkle Rand entspricht der Höhlenwand, während die helle Mitte durch die lufthaltige Höhle gebildet wird.

Im ganzen sind bis jetzt merkwürdig wenig Fälle von Lungenechinokokkus durch die Röntgenuntersuchung geklärt worden. Bis 1910 konnte Albers-Schönberg sieben Fälle zusammenstellen; Behrenroth zählte 1912 mit seinen eigenen vier sicheren Fällen 16 Fälle, dazu kommt der erst kürzlich veröffentlichte Fall von Bles[1]).

[1]) Anmerkung bei der Korrektur: Dazu käme jetzt noch der Fall von Wilhelm: Ein Fall von Lungenechinokokkus, und Zehbe: Über Lungen- und Pleura-Echinokokkus. Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstrahlen, 1916, Bd. XXIV, S. 59 u. S. 63.

Wir haben in knapp einem Jahre nicht weniger als vier Fälle von Lungenechinokokkus in Beobachtung gehabt. Bei drei Patienten wurde das nicht ganz eindeutige klinische Bild durch die Röntgenuntersuchung sofort geklärt. (Siehe Dissertation von E. Degner: Der Lungenechinokokkus im Röntgenbilde. Rostock 1916.)

Fall 1. Erwin B. 20 Jahre alt. Aufgenommen am 22. V. 1915.

Familienanamnese o. B., insbesondere keine Tuberkulose. Als Kind Masern und englische Krankheit, oft Mandelentzündung. Vor fünf Jahren Gelbsucht. Immer etwas schwächlich gewesen.

Im Oktober 1914 als Ersatz-Reservist eingezogen worden, bis zum 13. I. 1915 ausgebildet. Kam dann nach Flandern. Schon während der Ausbildungszeit war Patient heiser und hatte Husten. Das Befinden verschlechterte sich im Schützengraben derart, daß er sich am 28. I. krank melden mußte. Er klagte über Heiserkeit, hatte reichlich Auswurf, der blutig tingiert war, Atembeschwerden, hohes Fieber. Er kam ins Revier, dann in mehrere Kriegslazarette, zuletzt in ein Vereinslazarett des Roten Kreuzes in Berlin. Dort wurde eine Lungen- und Kehlkopftuberkulose diagnostiziert. Am 20. V. wurde Patient der Lungenheilstätte Schwaan in Mecklenburg überwiesen, die ihn am 22. V. als zu fortgeschrittenen Fall der Lungenstation der Med.-Klinik überwies. In Berlin hatte Patient zeitweise hohes Fieber; im Auswurf sollen einmal Tuberkelbazillen vereinzelt gefunden worden sein.

Status: Kleiner, schwächlicher Mensch. Sprache aphonisch. Brustkorb flach und schmal; bei tiefer Inspiration starker Reizhusten. Zwerchfellbewegung links nicht vorhanden, rechts nur schwach sichtbar. Lungenverschieblichkeit bei der Atmung mäßig. Rechte Spitze normal hoch; links starke Dämpfung. Die Dämpfung geht l. h. o. bis zum unteren Winkel des Schulterblatts, vorne bis zur 4. Rippe. Links im Bereich der Dämpfung Atemgeräusch sehr stark abgeschwächt, vereinzeltes Reiben und Giemen hörbar. Unterhalb der Dämpfung ist das Atemgeräusch normal laut, Exspirium bronchial. Über der rechten Lungenhälfte Atemgeräusch vesikulär, laut.

Herzdämpfung normal. Töne rein. Wassermannsche Reaktion im Blut bei 0,1 und 0,4 negativ.

Übriger Organbefund normal. Urin frei von Eiweiß und Zucker. Körpergewicht 85 Pfd.

In den ersten Tagen hatte Patient Temperatursteigerung bis über 38,0 C. Tuberkelbazillen konnten in dem sehr spärlichen Auswurf niemals gefunden werden, weder im Ausstrich- noch im Antiforminpräparat.

Patient hustet sehr viel, beim Sprechen, tieferen Luftholen, Aufsitzen sofort starker Hustenanfall.

Am 27. V. hat Patient nach heftigem Hustenanfall etwas Auswurf, in dem ein etwa 1 cm großes, 1 cm breites Membranstückchen gefunden wird (Echinokokkenmembran).

Kehlkopftuntersuchung, die nur sehr schwer möglich war, zeigt keine deutliche für Tuberkulose sprechenden Veränderungen. (Halsklinik.)

Röntgenbild (29. V.) zeigt einen diffusen Schatten, der den größten Teil der linken Lunge einnimmt, nur oben und unten einen dunkel erscheinenden Teil der Lunge freiläßt. Der Schatten ist nach oben zu unscharf, setzt nach unten zu jedoch ziemlich scharf halbkugelig ab.

Leukozyten (26. V. 15) 16440.

Auszählung: polymorphkernige Leukozyten 77,2 %.

Lymphozyten 18,0 %, eosinophile Leukozyten 0,4 %.

Übergangsformen 4,4 %.

Blutuntersuchung am 12. VI. (10 h).

Leukozyten 12944.

Polymorphkernige Leukozyten 55 %, Lymphozyten 38 %.

Eosinophile Leukozyten 0 %, Übergangsform 7 %.

Komplementreaktion schwach positiv. (Landesgesundheitsamt Rostock).

Im Sputumausstrich sieht man enorme Mengen eosinophiler Zellen (Färbung nach May-Grünwald, Giemsa und Panoptisch). Verlegung auf die chirurgische Klinik am 12. VI. Am gleichen Tage Operation in Chloroform-Äthernarkose (Prof. Franke).

Operationsbericht: Resektion der 3. Rippe in der Axilla in Länge von etwa 5 cm, Spalten des hinteren Periosts und der Pleura costalis. Die Lunge ist angelegt und verwachsen. Punktion mit dickem Dolch. Es fließt ganz wasserklare Flüssigkeit ab (etwa $^3/_4$ L). Spaltung der dazwischen liegenden $^1/_2$ cm dicken Lungenschicht, die Echinokokkenblase wird unverletzt herausgeholt.

Blutbefund am 22. VI. 1915 ($^1/_2$10 h).

Leukozyten 26820.

Polymorphkernige Leukozyten $74^2/_3$ %, Lymphozyten 21 %.

Übergangsformen $4^1/_3$ %.

Rotes Blutbild normal.

Nach anfänglich fieberfreiem Verlauf zeigte sich leichte Temperatursteigerung und purulente Sekretion, die immer geringer wurde. Die Temperatur ward normal, das Allgemeinbefinden hob sich.

Das Röntgenbild (31. VII. 1915) zeigt keine Höhle; nur noch links randständige deutliche Schwielenbildung.

Röntgenbild: 19. VIII. 1915. Schwiele deutlich verkleinert.

Röntgenbild: 25. IX. 1915. Fistel mit Drainrohr, in deren Umgebung geringe Schwielen. Lungenfelder sonst ganz frei.

Patient wurde am 28. VIII. mit einer noch bestehenden Bronchialfistel entlassen. An Körpergewicht stark zugenommen.

Sprache normal.

Fall 2. August Fr., 65 Jahre alt. Aufgenommen am 23. II. 1915 auf die Lungenstation wegen Verdachts auf Lungentuberkulose.

Familienanamnese ohne Belang, insbesondere keine Tuberkulose.

Vor 15—20 Jahren Lungen- und Rippenfellentzündung, sonst immer gesund gewesen.

Im Frühjahr 1914 trat bei ihm ohne irgendwelche vorhergehenden Krankheitserscheinungen plötzlich Blutspucken auf, das das ganze Jahr über unverändert anhielt. Geht erst Dezember 1914 in Behandlung des Arztes. Trotz aller Behandlung läßt das Blutspucken nicht nach. Patient befand sich gleichwohl in gutem Kräftezustand und konnte seine schwere Arbeit als Maurer ohne Unterbrechung verrichten.

Das Blut wurde ohne Husten als geballtes Sputum entleert. In der letzten Zeit klagt er über Magenbeschwerden.

Status: Großer, kräftiger Mann in gutem Ernährungszustand. Thorax gut gewölbt, symmetrisch, dehnt sich gut und gleichmäßig aus. Zwerchfellbewegung bds. ausgiebig. Lungengrenzen normal, Verschieblichkeit gut, Klopfschall überall laut und voll. Links vorne Exspirium etwas verlängert, Atemgeräusch sonst überall vesikulär. Mageninhaltsbefund normale Werte.

Übriger Organbefund normal.

Urin frei von Eiweiß und Zucker. Puls normal, Temperatur normal.

Im Auswurf, der fast immer mit Blut gemischt war, konnten niemals Tuberkelbazillen nachgewiesen werden, auch nicht mittels Antiforminverfahrens. Auf probatorische Alt-Tuberkulininjektion von 1 und 3 mgr keine Reaktion. Pirquet negativ. Täglich blutiger Auswurf. Untersuchung in der Hals- und Zahnklinik ergebnislos.

Wassermannsche Reaktion im Blut bei 0,1 und 0,4 negativ.

Röntgenuntersuchung: Thoraxaufnahme zeigt im linken Lungenfelde im unteren Teil dicht neben dem Hilus einen etwa dreimarkstückgroßen, scharfumrissenen Schatten. Es wird daraufhin der Verdacht auf Lungenechinokokkus ausgesprochen.

Patient entzog sich leider noch am gleichen Tage der Krankenhausbeobachtung, bevor weitere Untersuchungen angestellt werden konnten.

Anfang April wird er von seinem Hausarzt wieder überwiesen mit einem ziemlich großen Stück einer Echinokokkenmembram, das er Ende März nachts unter heftigen Blutungen mit reichlich Schleim ausgehustet hatte. Im Verlauf der nächsten Tage werden mit reichlich Blut noch weitere Membramstücke ausgehustet. Seit einer Woche hat die Blutung aufgehört.

Komplementreaktion für Echinokokkus stark positiv (Landesgesundheitsamt Rostock).

Blutuntersuchung: Leukozyten etwas vermehrt.

Auszählung: polymorphkernige Leukozyten 32%.

Lymphozyten $58\,{}^2/_3$%, eosinophile Leukozyten 2%.

Mastzellen $3\,{}^1/_3$%, Myelozyten 4%.

Im Ausstrichpräparat des Sputums nur vereinzelt eosinophile Zellen.

Patient war im Januar 1916 auf der chirurgischen Klinik in Behandlung, stellte sich bei uns am 6. I. vor. Fühlt sich wohl, keinerlei Beschwerden, insbesonders kein Blutspucken mehr.

Blutzählung ergab (12^h) Leukozyten 11220.

Auszählung des gefärbten Präparats:

Polymorphkernige Leukozyten 72,5%, Lymphozyten 23,0%.

Eeosinophile Leukozyten 1%, Übergangsformen 3,5%.

Rotes Blutbild ohne pathologischen Befund.

Röntgenbild 3. I. 1916. Kreisrunder Schatten ganz verschwunden, man sieht aber deutlich noch die Umrandungsstelle des früheren Schattens.

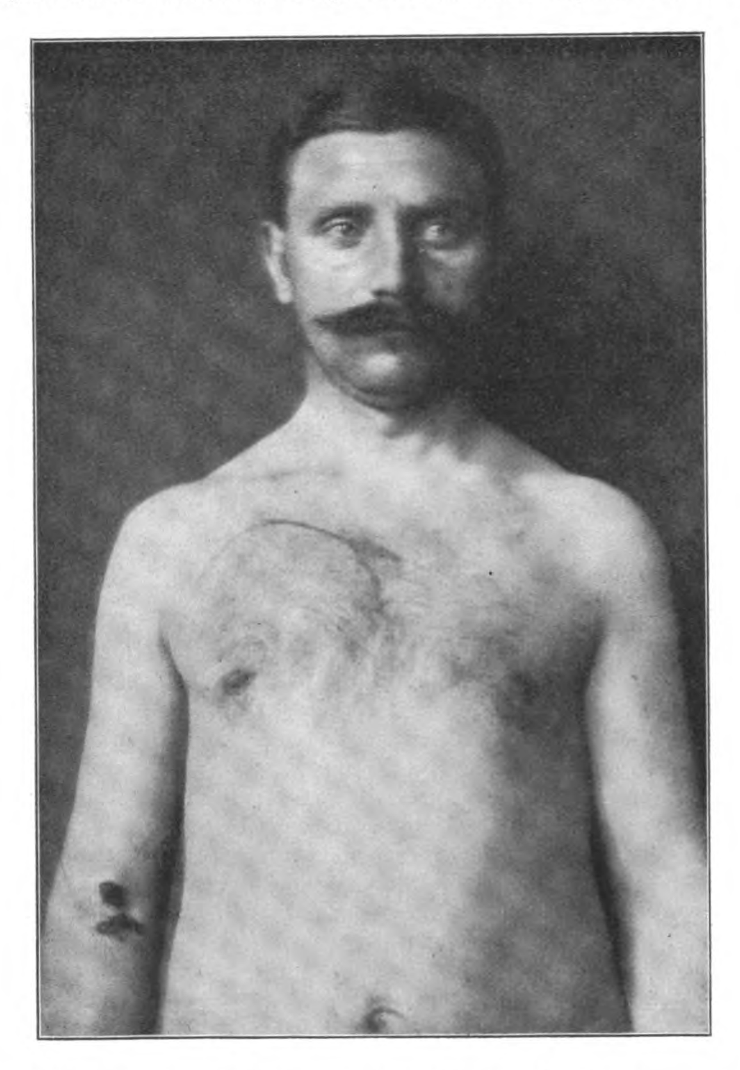
Komplementreaktion auf Echinokokkus: negativ (Landesgesundheitsamt Rostock).

Fall 3. Paul W., 27 Jahre alt, Kaufmann, aufgenommen am 19. VII. 1915, kommt in die Med.-Poliklinik mit der Angabe, er sei schon seit drei Jahren lungenkrank, schon zweimal in Lungenheilstätte

zu Schwaan gewesen. Er wird von seinem Hausarzt zur Begutachtung geschickt, ob er sich noch zur Aufnahme in eine Lungenheilstätte eigne.

Familienanamnese o. B. Keine Tuberkulose.

Patient hatte fünfmal Lungenentzünduug, zuletzt 1898 beim Militär. Nicht verheiratet. Im Jahre 1912 kam er an einem Sommertage von einem Spaziergang erhitzt nach Hause, trank ein Glas Wasser und bekam darauf einen Schwindelanfall. Er mußte ins Bett und der sofort gerufene Hausarzt stellte fest, daß Patient „lungenkrank" sei. Er hatte Husten, gelblichen, nicht blutigen Auswurf, besonders morgens, öfters Nachtschweiße. Er hatte wochenlang Schmerzen in der linken Brustseite und im Rücken. Magerte ab. Im September 1912 wurde in der Med.-Poliklinik zu Rostock die Diagnose auf Lungentuberkulose gestellt und Patient in die Lungenheilstätte nach Sch. geschickt, wo er vom 28. IX. 1912



bis 28. II. 1913 war. Während dieser Zeit besserte sich jedoch sein Befinden nicht. Der Husten ließ nicht nach; der Auswurf, in dem niemals Tuberkelbazillen gefunden werden konnten, blieb unverändert. Patient hatte immer am unteren Rand beider Schulterblätter Stiche. Er machte eine Tuberkulinkur durch, erhielt 19 Einspritzungen, nach der letzten hatte er geringe Temperatursteigerung. Im Februar 1913 wurde er als gebessert nach Hause entlassen. Er fühlte sich nicht arbeitsfähig und kam deshalb schon nach zwei Monaten wieder in Lungenheilstätte Sch., wo er bis Ende September blieb. Während dieses Aufenthalts besserte sich sein Befinden, Schmerzen und Husten ließen nach, nur der Auswurf blieb. Er nahm an Gewicht zu; fühlte sich wohl und konnte wieder arbeiten. Bis im Anfang des Jahres 1915 die Schmerzen in der Schulterblättergegend wieder einsetzten, dazu Husten und Auswurf. Im März war der Auswurf blutig. Außerdem bekam er Magenbeschwerden; oft morgens nüchtern Erbrechen. Vor vier Wochen wieder Blut ausgehustet, angeblich $^1/_{10}$—$^1/_{20}$ l. Er kam ins Krankenhaus zu T.; hatte die ersten 3 - 4 Tage Fieber bis 39° C, dann nicht mehr. Bei der Untersuchung fällt sofort das für einen jahrelang

an Tuberkulose Leidenden außerordentlich blühende Aussehen auf. Bei der genauen Perkussion bekommt man eine eigenartige nach oben an der 2. Rippe konvex verlaufende Dämpfungslinie. Patient wurde daraufhin sofort vor den Röntgenschirm gestellt, durchleuchtet und eine Thoraxaufnahme gemacht. Man fand im rechten Lungenfelde einen großen scheibenförmigen, scharf umrissenen Schatten, dessen obere Begrenzungslinie genau der perkutierten entspricht. (Siehe Abbildung und Fig. 5.) Nach oben grenzt dieser Schatten fast an die Clavikula, nach außen fast an die äußere Thoraxwand, nach unten zu ist deutlich lufthaltiges Lungengewebe sichtbar.

Patient gibt auf weiteres Befragen an, mit Schafen und Hunden nichts zu tun gehabt zu haben; als er klein war hatten seine Eltern einen Hund. Man erfährt noch, daß in dem vor vier Wochen ausgehusteten Blut eine etwa 1 cm lange Membran geschwommen sei, auch soll ihm ein auswärtiger Arzt gesagt haben, er habe einen Bandwurm in der Lunge.

Aus dem genauen Status ist erwähnenswert: Der Brustkorb ist gut gewölbt, links etwas stärker als rechts. Ausdehnungsfähigkeit gut. Zwerchfellbewegung beiderseits spielend, links deutlicher als rechts.

Lungengrenzen normal. R. v. starke Dämpfung etwas unterhalb des Schlüsselbeins bis zur 3. Rippe; Dämpfung verläuft im Halbkreis mit der Konvexität nach oben vom Ansatz der 2. Rippe, zum oberen Rand der 2. Rippe in der Mamillarlinie, dann zum unteren Rand der 2. Rippe in der Axillarlinie. Direkt unter dem Schlüsselbein Tympanie. R. h. nirgends auffallende Dämpfung. Atemgeräusch im Bereich der Dämpfung stark abgeschwächt, kein Geräusch. Links vesikulär. Stimmfremitus R. $<$ L.

Übrigen Organe ohne pathologischen Befund.

Urin frei von Eiweiß und Zucker. Temperatur normal.

Wassermannsche Reaktion im Blut negativ. Mageninhaltsuntersuchung ergibt leichte Hyperazidität.

Blutuntersuchung: Hb. nach Sahli 120 (korrig.).

Erythrozyten 4588000; Leukozyten 4567.

Auszählung des Ausstrichpräparats: polymorphkernige Leukozyten 62,6 %, Lymphozyten 27,2 %, eosinophile Leukozyten 1 %, Metamyelozyten 3,6 %, Übergangsformen und Mononucleäre 3,4 %, Myelozyten 0,4 %, Myeloblasten 0,2 %, Türk'sche Reizungsformen 1,6 %. Rotes Blutbild ohne Besonderheiten.

Im Sputumausstrich: Keine eosinophilen Zellen.

Komplementreaktion für Echinokokkus negativ (Landesgesundheitsamt Rostock).

Verlegung auf die chirurgische Klinik. Operation 3. VIII. (Prof. Franke). Rechts in Axilla auf der 4. Rippe Inzision; Resektion eines 5 cm langen Stückes der Rippe. Es wird die weiße Zystenmenbran sichtbar. Nach Einführung eines Troikarts entleeren sich aus der Zyste etwa 3—400 ccm einer wasserhellen, klaren Flüssigkeit. Die Hülle wird in toto entfernt. Drainage, Verband.

Am Tage nach der Operation Fieber ansteigend bis 40° C, Anzeichen einer beginnenden Pneumonie. Dämpfung r. h. u. Befinden verschlimmert sich von Tag zu Tag. Exitus am 20. VIII.

Aus dem Sektionsbericht: Auf der rechten Brustseite, entsprechend dem 3. J. C. R. findet sich eine 13 cm lange, quer verlaufende Operationswunde, resp. -Narbe. Die Ränder sind geöffnet und klaffen weit und führen in eine tiefe Höhle. Die letzten nach der medianen Linie gelegenen 6 cm sind bereits vernarbt. Nach Entnahme des Brustbeins sinkt die emphysematös geblähte linke Lunge sehr wenig zurück; über dem Oberlappen schwer lösliche Adhäsionen, im Bereich des Unterlappens ist eine geringe Menge trüb-serösen Ergusses, auf der Lungenoberfläche Fibrinauflagerungen. Rechte Lunge vollkommen zurückgesunken. Über den unteren $^2/_3$ bis zur Thoraxwunde findet sich eine abgesackte Pleurahöhle, die etwas über 1 Liter trüb-seröser mit reichlich Fibrin vermischter Flüssigkeit enthält. An den Wänden sind größere Fibrinmengen aufgelagert. Der Oberlappen ist derb und fest mit der Pleura verwachsen und enthält die etwa halbfaustgroße schmierig belegte Höhle (operierte Echinokokkushöhle).

Linke Lunge überall lufthaltig. Rechte Lunge Unter- und Mittellappen aklektatisch luftleer; der Oberlappen enthält die genannte Höhle; das umgebende Lungengewebe ist diffus infiltriert. Die Schnittfläche ist fein granuliert, graurot. Sowohl im Oberlappengewebe als auch in dem atelektatischen Gewebe des anderen Lappen finden sich vereinzelte bis kirschkerngroße mit Eiter gefüllte Abszesse. Milz 13:9:3 cm, weich, zerfließlich. Oberfläche glatt; Pulpa blaurot; Zeichnung verwischt.

Anatomische Diagnose: Status post operationem (Entfernung eines Lungenechinokokkus). Entsprechende Höhle im rechten Oberlappen. Abgesacktes Pleuraempyem. Über Unter- und Mittellappen rechts völlige Atelektase; Lungenabszesse; Pneumonie in den Restpartien des Oberlappens. Lungenemphysem und Ödem links. Pleuritis serofibrinosa links. Hydropericard. Myodegeneratio cordis. Nephritis parenchymatosa. Mäßige Milzvergrößerung.

Fall 4. Frieda R., Verkäuferin, 18 Jahre alt, aufgenommen 28. I. 1916.

Mutter gesund, Vater an Herzschlag gestorben, vier Geschwister leben, drei gesund, ein Bruder 1912 wegen Lungentuberkulose in der Klinik, eine Schwester an Lungentuberkulose, Hämoptoe gestorben vor $^1/_4$ Jahr mit 30 Jahren. Menses seit dem 14. Jahre, regelmäßig; seit einem Jahr nich tmehr. Mit 13 und 15 Jahren Blinddarmentzündung. Schon als Schulmädchen hatte sie immer Stiche im Rücken rechts

beim Laufen und wenn sie schwer trug. Fühlt sich matt seit dem 9. November 1915. Der Hausarzt untersuchte sie, steckte sie ins Bett; erklärte sie für blutarm. Patientin klagte über Stiche in der rechten Seite oben, große Mattigkeit, kein Husten, wenig Auswurf (niemals sanguinolent), häufig Nachtschweiße, dabei Fieber. Der Hausarzt dachte anfangs an Typhus, da Kolleginnen der Patientin daran krank lagen; vermutete später eine Lungenerkrankung. Patientin sucht, bevor sie ins Krankenhaus kommt, einen hiesigen Arzt auf, der Lungentuberkulose diagnostisierte und Aufnahme in Lungenheilstätte vorschlug.

Der Vater der Patientin war Schlächter; es waren Hunde im Hause, mit denen Patientin sich viel abgegeben hat.

Auszug aus dem Status: Patientin ist klein, blaß, von grazilem Knochenbau, schlaffer Muskulatur, mäßigem Ernährungszustand.

Thorax flach, bei der Atmung bleibt die rechte Seite etwas zurück. Zwerchfellbewegung links gut spielend, rechts behindert. Lungengrenzen normal. Rechte Spitze etwas tiefer als linke. Klopfschall r. h. o. leicht verkürzt. R. v. bis zum unteren Rand der 2. Rippe Klopfschall laut und voll; dann beginnt eine Dämpfung, die in nach oben leicht konvexem Bogen von ein wenig unterhalb des Sternalansatzes der 2. Rippe, in der Mamillarlinie am oberen Rand der 2. Rippe, in der Axillarlinie am unteren Rand der 2. Rippe verläuft. Nach unten reicht die Dämpfung in die Mamillarlinie bis zum oberen Rand der 5. Rippe; es folgt dann eine ein fingerbreite Zone mit tympanitischem Klopfschall; dann die Leberdämpfung. Unterhalb der Clavikula rechts sehr scharfes Kompressionsatmen, das mit Beginn der Dämpfung scharf absetzt; im Bereich der Dämpfung Atemgeräusch kaum hörbar. R. h. ist eine deutliche Dämpfung nicht zu konstatieren. H. r unterhalb des Schulterblattwinkels Zone mit verschärftem Atemgeräusch. Herzgrenzen normal. Übrigen Organe ohne pathologischen Befund.

Dieser Untersuchungsbefund machte uns stutzig. Wir stellten deshalb die Patientin sofort vor den Röntgenschirm. Bei der Durchleuchtung und auch auf der Platte sahen wir das für Lungenechinokokkus typische Bild.

Röntgenaufnahme 29. I. Im rechten Lungenfeld von 3. Rippe an zweifaustgroßer ovaler, gleichmäßig dichter Schatten, der etwa einen Finger breit von der Thoraxwand entfernt bleibt und nach oben und unten abgerundet ist; zwischen Zwerchfell und Schatten schmale freie Lungenzone.

Die Blutuntersuchung (12. II. 1916) ergab: Leukozyten 17310 (nachmittags 7^{h} fast 39° C.).

Auszählung: polymorphkernige Leukozyten $55^{2}/_{3}$%, Lymphozyten 36% (= 6231), eosinophile Leukozyten 1% (keine ganz reine oxyphile Körnelung), Übergangsformen $3^{1}/_{3}$%, Mononucleäre $^{1}/_{3}$%, Metamyelozyten $3^{2}/_{3}$%.

Unter den Lymphozyten nicht weniger als 8% mit stark blauem Plasma. 3. I. ganz reine Türk'sche Reizungszellen.

Ziemlich viel Blutplättchen. Rotes Blutbild normal. Komplementbindung für Echinokokkus negativ (Landesgesundheitsamt Rostock).

Weiterer Verlauf: In dem geringen zähen Sputum wurden bei vielfachen Untersuchungen weder im Ausstrich- noch im Antiforminpräparat Tuberkelbazillen gefunden. In dem Sputum, das sehr sorgfältig täglich nachgesehen wird, findet sich am 2. II. ein einige Millimiter großes Membranstückchen.

Die Patientin hatte tagelang sehr unregelmäßiges Fieber, meistens Temperaturanstieg nachmittags, oft über 39° C., Puls meist über 100.

Wassermannsche Reaktion im Blut auf Syphilis negativ (bei 0,1 und 0,4).

Das Allgemeinbefinden bessert sich auffällig.

Blutuntersuchung am 16. II. 12^{h}. Sahli 54 korrigiert.

Leukozyten 20000.

Polymorphkernige Leukozyten 71,25%, eosinophile Leukozyten 0%, basophile Leukozyten 0,75%, Lymphozyten 21,75% (Türk'sche Reizungsformen). Übergangsformen 3,25%, Metamyelozyten 3%.

Sputum: Im Ausstrichpräparat keine eosinophilen Zellen.

22. III. Verlegung nach der chirurgischen Station.

Operation 23. III. (Prof. Franke). Lokalanästhesie. Schnitt über der 6. Rippe zwischen der vorderen Axillar- und Sternallinie. Typische Resektion eines 8 cm langen Stückes, Eröffnung der Pleura. Dabei kommt der untere Pol des Echinokokkus zum Vorschein. Die Umgebung ist teilweise durch frische Adhäsionen verklebt. Um besseren Zugang zu gewinnen, wird die nächst höhere Rippe in Ausdehnung von 7 cm ebenfalls reserziert. Nach Abschützen der Pleura durch Jodoformgaze ringsum wird die Echinokokkenblase mit dickem Troikart punktiert. Es entleert sich reichlich wasserhelle klare Flüssigkeit. Nun wird die menschliche Membran breit eröffnet. Durch einige Hustenstösse wird die tierische Membran in toto herausgepreßt. In der Höhle der menschlichen Membran liegen noch Fibrinfetzen, die durch Auswischen mit Tampons entfernt werden. Durch Katgutknopfnaht wird die äußere Wand der menschlichen Membran mit der Muskulatur der Rippe vernäht. Gummirohr, Tampon, Verband.

25. 3. 1^{h} Blutuntersuchung: Leukozyten 38890, davon polymorphkernige Leukozyten 86%, Lymphozyten $9^{1}/_{4}$%, Übergangsformen $4^{3}/_{4}$%.

27. III. Komplementbindung für Echinokokkus schwach positiv (Landesgesundheitsamt Rostock).

1. IV. 10 h Leukozyten 17478, davon polymorphkernige Leukozyten $71\,^{1}/_{3}\,\%$, Lymphozyten $16\,^{2}/_{3}\,\%$, eosinophile Leukozyten $^{1}/_{3}\,\%$, basophile Leukozyten $^{1}/_{3}\,\%$, Übergangsformen $9\,^{2}/_{3}\,\%$, Metamyelozyten $^{2}/_{3}\,\%$, Türk'sche Reizungsformen 1 %.

8. IV. Nach anfänglichem Abstieg der Temperatur, wieder unregelmäßige Anstiege, hohe Abendtemperaturen wechselnd mit fast normalen Morgentemperaturen, dann wieder einige Tage continua, Allgemeinbefinden etwas gebessert, Hustenreiz wesentlich geringer. Puls gut gefüllt und gespannt, frequent. Wunde sezerniert ziemlich reichlich. Spülungen mit H_2O_2 werden wegen des sofort auftretenden Hustenreizes schlecht vertragen. Es scheint eine Bronchialfistel entstanden zu sein, doch ist mit Sicherheit nichts nachzuweisen. Seit vier Tagen an Rücken, Brust und Bauch eigentümliches, kleinfleckiges, dunkelrotes Exanthem (vielleicht nach Genuß von Krabben). Rachenorgane gerötet, ohne Beläge. Leichte Schluckbeschwerden. Zurzeit noch in Behandlung[1]).

In allen vier Fällen lautete die Diagnose auf Lungentuberkulose. Drei der Patienten wurden uns direkt überwiesen (einer der Patienten war schon zweimal zur Behandlung in einer Lungenheilstätte), ein anderer (Fall 1) wurde der Klinik als zu vorgeschrittener Fall von der Heilstätte überwiesen. Auffällig ist der ziemlich plötzliche Beginn der Erkrankung. Die Patienten können meist genau Tag und Stunde angeben, da ihre Beschwerden anfingen.

Ist der Echinokokkus groß (wie in Fall 1, 3, 4), dann kommen differentialdiagnostisch Mediastinaltumor und Pleuritis exsudativa in Betracht. Der plötzliche Übergang des normalen in meist ganz aufgehobenes Atemgeräusch, die nach oben konvexe Begrenzungslinie der Dämpfung sprechen für Lungenechinokokkus. Ist der Echinokokkus so klein wie in Fall 2, dann ist es unmöglich, durch physikalische Untersuchung auf die Diagnose zu kommen. Gerade in einem solchen Falle wirkt das Röntgenbild aufklärend. Die anderen Untersuchungsmethoden (Eosinophilie, Komplementreaktion) wendet man erst dann an, wenn man die Diagnose Echinokokkus in das Bereich der Möglichkeit zieht. Dazu bot uns aber die genaue Untersuchung des Patienten keinen Anhalt. In den übrigen Fällen wurde die Untersuchung auf Eeosinophilie und die Komplementreaktion ebenfalls erst angestellt, nachdem durch die klinische Untersuchung und das Röntgenbild die Diagnose gesichert war. Zudem hätten das Blutbild und die Komplementreaktion allein eine sichere Diagnose nicht ermöglicht. In Fall 3 und 4 war die Komplementreaktion negativ, nur in Fall 2 war sie stark, in Fall 1 schwach positiv. Es wird angenommen, daß erst durch Resorption in den Körper ergossener Flüssigkeit die Antikörperbildung ausgelöst wird. Wir können aber nicht annehmen, daß in Fall 3 und 4 die Zysten vollständig geschlossen waren, da beide Patienten Membranstücke aushusteten. In Fall 4 war die Komplementbindungsreaktion kurz nach der Operation schwach positiv, in Fall 2 wurde sie nach Aushusten des Echinokokkus negativ. Auch die Untersuchung auf Eeosinophilie gibt keine eindeutigen Resultate. In vielen Fällen (meist sind Patienten mit Leberechinokokken untersucht worden) hat man ganz erhebliche Eosinophilie gefunden, bis zu 57 % bei 17000 Leukozyten. In anderen Fällen aber fehlt die Reaktion. Wir haben bei unseren vier Patienten merkwürdigerweise niemals erhöhte Zahlen für die eosinophilen Formen gefunden, ja bei zweien sogar zeitweise überhaupt keine. Behrenroth sagt, es sei anzunehmen, daß erst durch Resorption, besonders von geringen Mengen des Zysteninhalts, die Bildung der eosinophilen angeregt wird, in ähnlicher Weise wie dadurch Antikörper in höherem Grade gebildet werden. In den Fällen von Sabrazès und Muratet (Echinokokkus der Niere, Eosinophilie 2,8 %) und Wagner (Echinokokkus des rechten Unterlappens, Eosinophilie 3 %), stiegen tatsächlich die Zahlen nach der Ruptur ganz enorm an (auf 9 % und 64 %). Nach Barling und Welsh ist die Eosinophilie ein regelmäßiger Befund nach der Ruptur.

.Die Eosinophilie soll besonders differentialdiagnostisch von Wert sein für Echinokokkus gegenüber malignen Tumoren oder solchen luetischer Natur. Aber auch das scheint nicht immer zu stimmen wie eine eigene Beobachtung zeigt.

---

[1]) Anmerkung bei der Korrektur: Später auf Wunsch in ziemlich schlechtem Zustand entlassen und zu Hause gestorben.

Der 52jährige Patient Schr. war wegen einer Lebergeschwulst in der chirurgischen Klinik. Es kam maligner Tumor oder Leberechinokokkus in Betracht. Bei der Blutuntersuchung fanden wir 6420 Leukozyten, davon 50,5% polymorphkernige Leukozyten, 41,5% Lymphozyten, 1% eosinophile Leukozyten, 0,5% Mastzellen, 6,5% Übergangsformen. Das Ergebnis der Blutuntersuchung sprach mehr für Tumor, aber der stark positive Ausfall der Komplementbindungsreaktion entschied für die Diagnose Leberechinokokkus, die auch durch die Operation ihre Bestätigung fand.

Die Blutuntersuchung in unseren Fällen zeigte verschiedentlich eine starke Lymphozytose, z. B. in Fall 2 : $58\frac{2}{3}$%, die nach Aushusten des Echinokokkus auf 23% zurückging. In Fall 1 und 4 wurden wechselnde Prozentzahlen gefunden (bis zu 38% und 36%). Wie häufig diese Lymphozytose bei der Echinokokkenkrankheit gefunden wird, läßt sich zurzeit nicht sagen. Fast alle Autoren führen nur die Zahlen für die eosinophilen an und vernachlässigen die übrigen Zellformen.

In Fall 1 fanden wir im Sputum enorm viel eosinophile Zellen, während die Zahl der eosinophilen Zellen im Blut sehr klein war, ja, kurz vor der Operation bis auf 0 zurückging. Bei den übrigen drei Patienten wurden im Sputum eosinophile Zellen nur ganz vereinzelt gefunden.

Diese beiden Untersuchungsmethoden geben also keine sicheren Resultate. Um die Diagnose Lungenechinokokkus zu stellen, wird man in fraglichen Fällen immer zur Röntgenuntersuchung schreiten. Sie ist weitaus die beste Untersuchungsmethode. Außerdem kann sie uns allein einen sicheren Anhaltspunkt geben über den Sitz des Echinokokkus. Von welcher Bedeutung das ist, zeigt am besten Fall 2. Bei dem zentralen Sitz und der Kleinheit des Echinokokkus, der keinerlei schwerere Erscheinungen machte, bestand keine Notwendigkeit, die Operation vorzunehmen. Man wird also mehr als sonst in allen nicht eindeutigen und unklaren Fällen von Lungenerkrankung eine Röntgenuntersuchung vornehmen. Das Röntgenbild des Lungenechinokokkus ist so typisch, daß tatsächlich ein Blick auf den Durchleuchtungsschirm oder auf die Röntgenplatte genügt, um die Diagnose zu stellen.

Erklärungen zu den Abbildungen.

Figur 1: Fall 1. Aufnahme vom 29. V: Diffuser Schatten, den größten Teil der linken Lunge einnehmend, nach oben unscharf, nach unten viel schärfer.

Figur 2: Fall 1. Aufnahme vom 25. IX.: ($3\frac{1}{2}$ Monate nach Operation). Fistel mit Drainrohr, geringe Schwielen, Lungenfeld frei.

Figur 3: Fall 2. Im linken Lungenfeld scharf umrissener kleiner Schatten (a).

Figur 4: Fall 2. Schatten verschwunden. Echinokokkus ausgehustet. Man sieht deutlich noch die Umrandungsstelle des Schattens (b).

Figur 5: Fall 3. Im rechten Lungenfeld großer scharf umrissener Schatten, der nach oben und unten lufthaltiges Gewebe freiläßt.

Figur 6: Fall 4. Im rechten Lungenfeld ovaler, gleichmäßig dichter Schatten, nach oben und unten abgerundet. Zwischen Zwerchfell und Schatten schmale Lungenzone.

Ziele und Probleme der Röntgenstrahlenmeßtechnik.

Von
Dr. **Friedrich Voltz**, Nürnberg.

(Schluß.)

IX. Die quantitative Messung der Röntgenstrahlen.

Viele Autoren gehen bei der Behandlung des Themas der Röntgenstrahlenmeßtechnik dahin, daß sie sagen, die einwandfreie qualitative Messung der Röntgenstrahlen sei eine viel wichtigere und erforderlichere Aufgabe als die einwandfreie quantitative Messung, vielmehr sei die Lösung der zweiten Aufgabe, also die einwandfreie quantitative Messung, durch die Lösung der ersten Aufgabe der einwandfreien, qualitativen Messung bedingt und gegeben.

Freiherr von Wieser sagt mit Recht in seinem Bericht als Mitglied der Kommission für Dosimetervergleich: „Wir müssen bei der Glühlampe das Spektrum kennen, also auch das Spektrum der Röntgenröhre, die wir verwenden."

Die von Wieser aufgestellte Forderung, die sich aus einer Reihe von Überlegungen ergibt, ist erfüllt, sobald man sich dazu entschließt, die Spannungsmessung im Zusammenhang mit der Einführung des Begriffes des Absorptionskoeffizienten oder besser der Christenschen Halbwertschicht anzuwenden. Der Absorptionskoeffizient sowohl als die Halbwertschicht ist dabei auf iontometrischem Wege festzustellen, aus Gründen, die wir im folgenden noch behandeln werden. Wir haben dann hier, wie wir bereits ausführten, ein eindeutiges absolutes Maß für die Härte einer Strahlung.

Wir haben zu Eingang ausführlich auf die Differenzen zwischen den einzelnen Dosimetern hingewiesen und durch eine Reihe von Versuchen haben wir gezeigt, daß auch zwischen den einzelnen qualimetrischen Methoden sehr große Unterschiede auftreten können, die von oft nicht zu berechnenden Faktoren abhängen. Wir haben eingangs bei den Quantimetern insbesondere auch auf die Unterschiede zwischen dem Kienböckverfahren und der von Sabouraud und Noiré angegebenen Methode hingewiesen und dabei bemerkt, daß nach den Vergleichsversuchen von H. E. Schmidt (123) ein vollkommen regelloser Zusammenhang zwischen den beiden Meßverfahren besteht. Auch andere Autoren, wie z. B. Adler in seiner Arbeit: „Versuche über das Kienböcksche und Holzknechtsche Verfahren", Strahlentherapie, Bd. V, Heft 1 (2) kommen zu dem Schluß, daß alle unsere dosimetrischen Verfahren nicht ohne erhebliche Fehlerquellen sind.

Eine quantitative Vergleichung der Intensitäten von Röntgenstrahlen ist, wie sich aus den vorausgegangenen Untersuchungen ergibt, genau den gleichen Beschränkungen unterworfen, wie die Vergleichung von Lichtstrahlen allgemein. Solange man es mit Strahlen gleicher Wellenlänge zu tun hat, kann man genau so wie bei einfarbigem Licht jeden beliebigen Effekt der Strahlen benützen, für welchen man den Zusammenhang zwischen der Größe des Effektes und der Strahlenintensität durch besondere vorausgegangene Versuche festgestellt hat. Auf diesen Umstand werden wir im vorliegenden Kapitel ausführlich zu sprechen kommen.

Bei den Dosimetern nun müssen wir unterscheiden zwischen direkten und indirekten Dosimetern. Von den indirekten Dosimetern ist das von Köhler angegebene Verfahren zu nennen, welches auf Grund der Temperaturmessung der Glaswand der Röntgenröhre die Dosis zu ermitteln sucht. Auch die Dosierung mittels geeichter Röhren und gleichzeitiger Ablesung der Härte am Qualimeter und der Stromstärke am Milliampèremeter wäre hier zu nennen. Diese Methode wurde von Klingelfuß vorgeschlagen.

Eingang in die Praxis haben aber hauptsächlich nur die direkten Dosimeter gefunden. Als direkte dosimetrische Methoden kommen solche in Betracht, welche auf den nachfolgend bezeichneten Wirkungen der Röntgenstrahlen aufgebaut sind.

1. Die elektrische Aufladung metallischer Körper beim Auftreffen von Röntgenstrahlen.
2. Die Wärmewirkung der Röntgenstrahlen.
3. Die chemische Wirkung der Strahlen.
4. Die Ionisation von Gasen unter dem Einfluß der Röntgenstrahlen.
5. Widerstandsänderungen von gewissen Stoffen, wie z. B. Selen.

Das Prinzip aller direkten Röntgenstrahlendosimeter ist also gegeben in den eingangs schon erwähnten und als besondere Wirkungen der Röntgenstrahlen bezeichneten Effekten. Wir haben seinerzeit bereits ausgeführt, daß man alle diese besonderen Wirkungen der Röntgenstrahlen auf eine gemeinsame Ursache zurückführen kann, nämlich auf die Bildung sekundärer Elektronen.

Die Bedingungen für das Auftreten der sekundären Elektronen haben wir gelegentlich der Behandlung des Sekundärstrahlenproblems eingehend untersucht. Es ist hieraus ohne weiteres klar zu ersehen, welche Rolle die Gesetze des Sekundärstrahlenproblems auch für die Quantitätsmessung der Röntgenstrahlen spielen. Die Größe der Einwirkungen der Röntgenstrahlen auf das Meßgerät ist immer bedingt und gegeben durch die Anzahl der gebildeten Elektronen, also durch die Größe der sekundären Kathodenstrahlung. Es ist:

$$M = f\left(\sum_{0}^{n} E^{0}\right). \tag{41}$$

Hier bedeutet M die am Dosimeter abgelesene Größe, n die Anzahl der gebildeten Elektronen, E^{0} die Energie eines Elektrons. — In die Strahlenmeßpraxis haben sich am meisten solche Dosimeter eingeführt, welche auf einer chemischen Veränderung gewisser Substanzen oder der Veränderung chemischer Verbindungen beruhen. Als solche kommen hauptsächlich die im nachfolgenden aufgeführten in Betracht.

1. Am verbreitetsten ist wohl das Kienböckverfahren, welches auf der chemischen Veränderung der Silbersalze in der Schicht eines photographischen Reagenzstreifens beruht. Bei diesem Quantimeter sind für die Entwicklung der Streifen eine Reihe von Bedingungen, wie richtige Zusammensetzung und richtige Temperatur des Entwicklers und andere mehr zu beachten, die allein die Möglichkeit von Fehlern in sich bergen. Diese rein technischen Fehlerquellen scheiden jedoch für die Betrachtung unseres Themas naturgemäß völlig aus. Wir müssen vielmehr in unserem Falle annehmen, daß Fehler, die sich aus diesen technischen Fehlerquellen ergeben könnten, tatsächlich nicht auftreten.

2. Ein anderes Verfahren zur Messung der Strahlenquantität wurde von Freund und Bordier angegeben. Bei diesem Verfahren bildet eine Lösung von Jodoform in Chloroform das Reagens.

3. Bei dem von Schwarz angegebenen Dosimeter bildet das Reagens die Ausscheidung von Kalomel aus einer Ammonium-Oxalat-Sublimatlösung.

4. Die von Sabouraud und Noiré angegebene Methode beruht auf der Verfärbung eines Bariumplatinzyanürplättchen unter dem Einfluß der Röntgenstrahlen. Der Grad der Verfärbung wird dabei an einer Normalskala unter gewissen Vorsichtsmaßregeln abgelesen.

Wirkliche praktische Bedeutung von den vier aufgeführten Methoden haben jedoch nur das Verfahren von Kienböck und das von Sabouraud-Noiré erlangt.

Alle diejenigen Dosimeter nun, die auf einer chemischen Veränderung bestimmter Substanzen beruhen, weisen, schon rein allgemein betrachtet, reiche Fehlerquellen auf, was, wie bereits erwähnt wurde, von zahlreichen Autoren bestätigt wird.

Bei der Behandlung des Sekundärstrahlenproblems haben wir nun festgestellt, daß die Sekundärstrahlung einer chemischen Verbindung durch die Natur der in dieser Bindung enthaltenen Elemente bestimmt ist, nicht aber durch die chemische Bindung als solche. Die Größe der Sekundärstrahlung der chemischen Verbindung ist also gebildet aus den Größen der Sekundärstrahlungen der einzelnen Elemente. — Diese Feststellung haben wir bereits angewandt bei der Erklärung der Fehler der photographischen Härtemessung. Hier fanden wir, daß der Grad der Schwärzung der photographischen Schicht eine direkte Funktion sei der Zahl der losgelösten Elektronen, die ihrerseits wieder durch ihre lebendige Kraft die Dissoziation der

Molekeln des Reagens hervorrufen. Wir haben hier festgestellt, daß die Zahl der losgelösten Elektronen dann ein Maximum erreicht, wenn die Bedingungen für das Auftreten der charakteristischen Eigenstrahlung der Substanz am günstigsten sind. Dies ist bekanntlich dann der Fall, wenn die Härte der Primärstrahlung von dem Wert der zur Erzeugung der sekundären Röntgenstrahlung noch nicht ausreicht, bis zu dem ansteigt, der zur Erregung dieser Strahlung gerade genügt, also wenn der optimale Fall der Stockschen Regel gegeben ist. Was wir damit für die Silbersalze aufgeführt haben, gilt allgemein für alle die Substanzen, auf deren chemischer Veränderung Röntgenstrahlenmeßmethoden aufgebaut sind, wie überhaupt für alle Körper, deren Atomgewicht höher liegt als 27. Bei diesen Substanzen tritt infolge der Zusammensetzung des primären Röntgenstrahlenspektrums selektive Absorption und infolgedessen unter Umständen ein Maximum an sekundärer Elektronenbildung ein. Die selektive Absorption der Strahlen stellt also die hauptsächlichste Fehlerquelle dieser Dosimeter dar.

In neuerer Zeit haben auch Dosimeter in der Praxis Eingang gefunden, welche auf der Veränderung der elektrischen Leitfähigkeit von Selenzellen beruhen. Die Eigentümlichkeit des Selens, bei Absorption von Lichtenergie seinen elektrischen Widerstand zu verändern, wurde bekanntlich von May entdeckt und führte zur Konstruktion verschiedener Selen-Photometer. Auch für die Lichtmessung im ultravioletten Gebiet benutzte man Selenzellen. Brauchbare Meßresultate hat man aber nicht erhalten können, da die Resultate alle durch die Inkonstanz der Erscheinung ungenau wurden. Da nun, wie erwähnt, brauchbare Meßresultate mit Selenzellen im gewöhnlichen Lichtspektrum nicht erzielt werden konnten, so entsteht die Frage, ob Selen sich zu Röntgenstrahlenmessungen eignet oder ob auch hier die Inkonstanz der Erscheinungen als störend und die Meßresultate beeinflussend auftritt. Ich habe eine Reihe von Messungen hierüber angestellt und will sie im nachfolgenden kurz beschreiben.

Selen besitzt ein Atomgewicht von 79,2 und existiert bekanntlich in den zwei Formen Se_A und Se_B. Die Veränderung der elektrischen Leitfähigkeit beruht nach den Untersuchungen von Marc auf der Verschiebung des Gleichgewichtes von Se_A zu Se_B und umgekehrt, also entweder zugunsten oder zuungunsten von Se_B, also derjenigen Modifikation, welcher allein ein elektrisches Leitvermögen zuzuschreiben ist.

Für die Versuche wurden eine Reihe von Selenzellen beschafft, und zwar von einer Firma, die sie „als besonders geeignet für Röntgenstrahlenmessungen" bezeichnete. Bei den Vorversuchen schieden mehrere Zellen von vornherein wegen ihrer Trägheit und ihres ungleichmäßigen Arbeitens als unbrauchbar aus, während mit zwei weiteren Zellen die Messungen durchgeführt werden konnten. Die Selenzellen wurden dabei in 20 cm Abstand senkrecht von der Antikathode der Röntgenröhre aufgestellt und durch eine dazwischengeschaltete dicke Bleiblende wurde dafür gesorgt, daß nur ein begrenzter Strahlenkegel auf die Zelle fallen konnte. Mit der Zelle wurde eine Akkumulatorenbatterie von 4 Volt Klemmenspannung verbunden und in den Stromkreis ein Milliampèremeter (Déprez-Instrument) als Galvanometer eingeschaltet. Die Skala des Milliampèremeters hatte zwei Teilungen, die eine reichte bis 3 M.A. Es entspricht jeder Teilstrich der Skala 0,05 M.A. Die andere Skala bis 15 M.A. Hier entspricht jeder Teilstrich der Skala 0,25 M.A. Bei den meisten Messungen kam man jedoch mit der Teilung bis 3 M.A. aus. Mit den Messungen an der Selenzelle liefen Ionisationsmessungen dauernd parallel, um die aus den Messungen gewonnenen Resultate bewerten zu können. Die Ionisationskammer wurde dabei seitlich in ebenfalls 20 cm Abstand von der Antikathode in den Gang des Röntgenstrahlenkegels gebracht. Die iontometrische Meßanordnung war die, welche wir eingangs beschrieben, nur war an die Stelle des gewöhnlichen Elektrometers, ein Saitenelektrometer getreten.

Die Röhre wurde zunächst mit 2 M.A. belastet. Am Hochspannungsvoltmeter abgelesen, ergab sich die Spannung zu 2800 Volt. Diese beiden Faktoren konnten während der einen Versuchsreihe, welche sich über eine Zeitdauer von 5 Minuten erstreckte, wenn wir von ganz geringen Schwankungen absehen, konstant gehalten werden. Es wurden dann die Werte am

Milliampèremeter, das in den Stromkreis der Selenzelle eingeschaltet war, von dem Punkt des Einschaltens an von 30 zu 30 Sekunden abgelesen. Die Messungen wurden von drei verschiedenen Anfangspunkten an durchgeführt und ergaben die in der Tabelle XIV aufgezeichneten Werte.

Tabelle XV.

$Se_A \longrightarrow Se_B$				$Se_B \longrightarrow Se_A$			
t	i_1	i_2	i_3	t	i_1	i_2	i_3
0,0	6,0	10,0	13,5	0,0	21,0	30,0	31,5
0,5	16,0	22,0	25,6	0,5	14,0	19,0	22,5
1,0	18,0	23,0	27,0	1,0	12,0	15,9	18,0
1,5	18,5	24,0	27,5	1,5	11,0	14,8	16,0
2,0	19,0	25,0	28,0	2,0	10,0	13,2	15,0
2,5	19,5	26,0	28,5	2,5	9,5	12,5	14,0
3,0	20,0	27,0	29,0	3,0	9,0	12,0	13,5
3,5	20,5	27,5	30,0	3,5	8,5	11,5	13,0
4,0	20,7	28,5	30,5	4,0	8,0	11,0	12,7
4,5	20,9	29,0	31,0	4,5	7,7	10,5	12,5
5,0	21,0	30,0	31,5	5,0	7,5	10,0	12,2

An die Messungen, welche in der Tabelle aufgezeichnet sind, schloß sich die Beobachtung der Rückverschiebung des Dunkelgleichgewichtes an und auch hier wurden die Werte am Milliampèremeter von 30 zu 30 Sekunden abgelesen. Die damit gewonnenen Werte sind gleichfalls in der Tabelle XV eingetragen. Es bedeuten in derselben t die Zeit, i den durch die Selenzelle fließenden Strom. Aus dieser Tabelle ergeben sich die beiden Kurvenbilder in Figur 4 u. 5.

Man bemerkt in Figur 4 einen verschiedenen Verlauf der Kurve 2 gegenüber den Kurven 1 und 3. Auf die Ursache dieser Erscheinung, soweit sie als wahrscheinlich angenommen werden darf, soll noch zurückgegriffen werden. In Figur 5 ist der vollkommen ähnliche Auslauf der Kurve zu beobachten, was auf den gleichmäßigen Verlauf der Rückverschiebung des Dunkelgleichgewichtes trotz der verschiedenen Anfangspunkte schließen läßt.

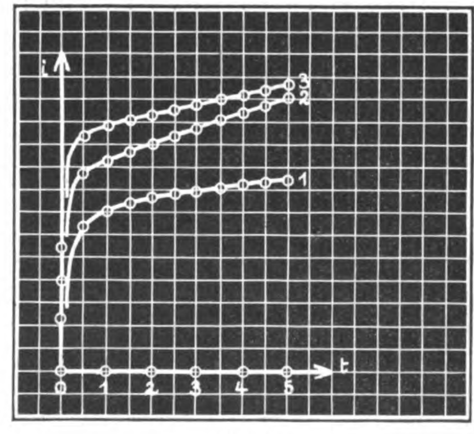


Fig. 4.

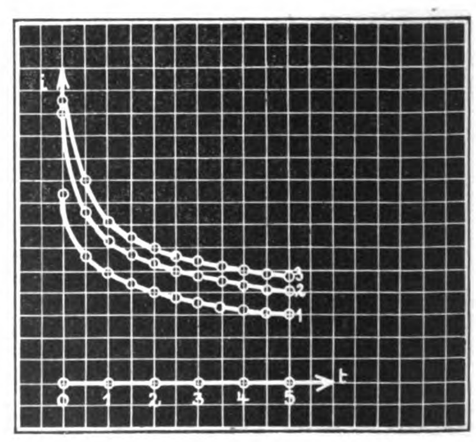


Fig. 5.

In den nächsten Messungen wurde als Variable die Belastung der Röntgenröhre genommen und ebenfalls der jeweils durch die Selenzelle fließende Strom gemessen. Die Zeit zwischen den einzelnen Beobachtungen war außerordentlich gering, lediglich solange, um die Beobachtungen an den Instrumenten zu machen. Der Zeitfaktor darf also als ausgeschaltet betrachtet werden. Die aus den Messungen, die wiederum von drei verschiedenen Anfangspunkten aus durchgeführt wurden, resultierenden Werte sind in Tabelle XVI aufgeführt. Auch hier wurde nach Beendigung der Messungen die Rückverschiebung des Dunkelgleichgewichtes beobachtet. Es

ergaben sich aber Werte, die denen der Kurven in Figur 5 analog verliefen, so daß sie nicht gesondert aufgeführt werden müssen. In der Tabelle bedeutet J die am Röntgenmilliampèremeter gemessenen Werte des Röhrenstromes. i bedeutet den durch die Selenzelle fließenden Strom.

Tabelle XVI.

$Se_A \longrightarrow Se_B$			
J	i_1	i_2	i_3
1,0	8,0	10,0	13,5
1,5	12,0	17,5	20,0
2,0	15,0	19,5	24,0
2,5	18,5	21,5	27,0
3,0	21,0	22,5	29,0
3,5	23,0	24,0	30,5

Aus dieser Tabelle resultieren die Kurven in Figur 6. Auch hier ist bei Kurve 2 ein von den beiden anderen Kurven verschiedener Verlauf zu beobachten. Die Ursache dürfte ähnlich liegen, wie bei den Kurven in Figur 4. Auch hierauf werden wir noch zurückkommen. Als nächste Variable kommt die Tourenzahl des Unterbrechermotors in Frage und damit auch die Zahl der in der Zeiteinheit erfolgenden Unterbrechungen. Bei dieser Versuchsreihe war in den Primärkreis des Funkeninduktoriums neben dem gewöhnlichen groben Widerstand ein fein abgestufter Widerstand eingeschaltet, der es gestattete, die Stärke des durch die Röhre fließenden Stromes konstant auf 1 M.A. zu halten. Der Widerstand wurde zu diesem Zweck mit dem Widerstand des Unterbrechermotors zuvor geeicht. Die Zeit zwischen den einzelnen Beobachtungen war wiederum außerordentlich gering, kaum zwei Sekunden, also nur solange, um auch hier die Werte an den Instrumenten abzulesen. Der Zeitfaktor darf also wiederum als ausgeschaltet betrachtet werden. Die Messungen wurden ebenfalls von drei verschiedenen Anfangspunkten aus begonnen und nach jeder Messung wurde auch hier die Rückverschiebung des Dunkelgleichgewichtes beobachtet. Die dabei gewonnenen Werte verlaufen wiederum analog der Kurven in Abbildung 5, so daß auch sie nicht gesondert aufgeführt zu werden brauchen. In der folgenden Tabelle XVII bedeutet n die Unterbrechungszahlen. Die Tourenzahl des Unterbrechermotors ist um die Hälfte kleiner. Es finden pro Umdrehung zwei Unterbrechungen statt. i bedeutet wiederum den durch die Selenzelle fließenden Strom.

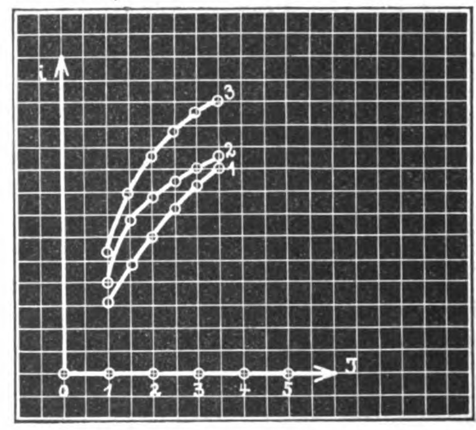


Fig. 6.

Tabelle XVII.

$Se_A \longrightarrow Se_B$			
n	i_1	i_2	i_3
480	3,0	9,0	14,0
1200	10,0	14,0	17,0
1500	20,0	22,0	26,5
2000	21,0	23,0	28,0
2400	22,0	24,0	30,0
3000	22,5	25,0	32,0
4000	23,0	27,0	35,0

Aus dieser Tabelle resultieren die Kurven in Figur 7. Wir können auch hier den ungleichmäßigen Verlauf der einzelnen Kurven gegeneinander beobachten. Nach der Adamschen Formel ist nun der Wert i eine Funktion der Quatratwurzel aus der Lichtstärke. Es ist

$$J_o = f(i^2). \qquad (42)$$

Wenden wir diese Formel beispielsweise auf die Werte der Figur 4 an, so ergibt sich das Kurvenbild in Figur 8. Daraus ist ohne weiteres ersichtlich, daß Messungen mit Selenzellen großen Fehlerquellen unterworfen sind.

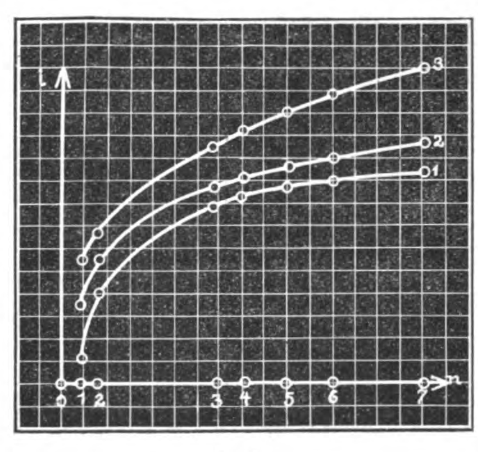


Fig 7.

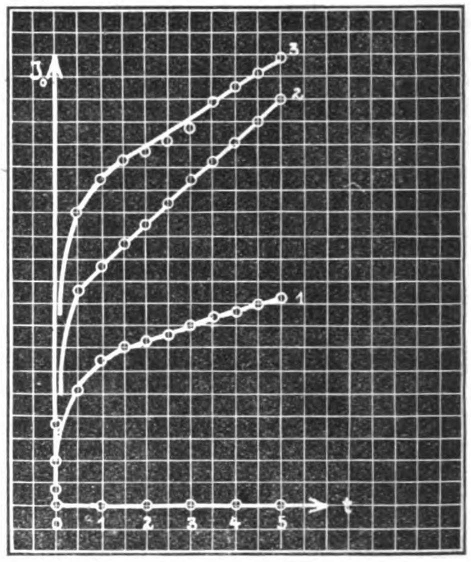


Fig. 8.

Wenn wir die gewonnenen Resultate insgesamt betrachten, so finden wir, daß auch im Röntgenlicht die Abnahme des Widerstandes mit der Zeit fortschreitet und sich bei gleichbleibender Lichtintensität allmählich einem Maximum nähert, daß aber trotzdem der Fehler, der durch den Zeitfaktor entsteht, den Wert erheblich beeinflussen kann. Der Fehler wird sogar nach Kurvenbild 8 ziemlich groß und widerspricht den parallel gegangenen Ionisationsmessungen. Nach diesen Messungen blieb sich die auf die Selenzelle auftreffende Röntgenlichtintensität vollkommen gleich, wenn wir von ganz geringen Schwankungen absehen.

Ein weiterer wichtiger Punkt ist ferner die Abhängigkeit der Werte von der Unterbrechungsfrequenz. Dieser Faktor kann unter Umständen die gewonnenen Werte ebenso beeinflussen, wie der Zeitfaktor. Als nächstes Moment für die Unbrauchbarkeit des Selens für die Röntgenstrahlenenergiemessung ist auch sein hohes Atomgewicht und die damit verbundene selektive Absorption der Strahlen anzuführen.

Fürstenau behauptet nun in seiner Arbeit in Heft 15 der „Physikalischen Zeitschrift", Bd. XVI, welche Einwendungen darstellt, auf meine Arbeit in Heft 11, Bd. XVI der „Physikalischen Zeitschrift", in welcher ich über die Verwendung des Selens einiges ausgeführt habe, daß es ihm gelungen sei, durch geeignete Wahl der Methode der Herstellung der Selenzellen einen Selenzellentypus zu schaffen, der sich durch absolute Gesetzmäßigkeit seines physikalischen Verhaltens auszeichnet und sich zu praktischen Röntgenstrahlenenergiemessungen in hervorragender Weise eignet. Fürstenau sagt damit, daß die von mir gemachten Beobachtungen, die ich in diesem Kapitel soeben kurz beschrieben habe, lediglich für den von mir benutzten Selenzellentypus zutreffen. Wenn es den Versuchen Fürstenaus gelungen ist, einen Selenzellentypus herzustellen, bei welchem das Trägheitsmoment ausgeschaltet wird und wenn man bei diesem Zellentypus zu einer Widerstandszeitkurve kommt, wie sie Fürstenau in seiner Arbeit bekanntgibt, so ist dies als ein höchst erfreulicher Fortschritt zu bezeichnen. Fürstenau hat meiner seinerzeitigen Arbeit die Arbeiten von Athanasiadis über „das Selen" (6, 7) in

den „Annalen der Physik“, Bd. 27, 898, 1908 entgegengehalten. Athanasiadis kommt hier zu dem Schluß, daß man im Selen ein Mittel besitzt, um die Intensitäten zweier Röntgenröhren zu vergleichen und daß außerdem mit Hilfe des Selens die Vergleichung einer Lichtstrahlung und einer Röntgenstrahlung statthaft sei. Außerdem hat Athanasiadis das Gesetz der quadratischen Abnahme der Röntgenstrahlenintensität, von welchem wir in dem Kapitel über die Geometrie der Optik der Röntgenstrahlen gesprochen haben, mittels einer Selenzelle kontrolliert und dabei gefunden, daß diese Methode genauer sei, als die damals noch übliche mit dem Skiameter.

Diese Schlußfolgerungen von Athanasiadis sind richtig, solange wir es mit einer Röntgenstrahlung zu tun haben, deren Absorptionskoeffizient in Aluminium kleiner ist, als der Absorptionskoeffizient der charakteristischen Eigenstrahlung des Selens, welcher gleich 18,9 ist, bezogen auf die Masseneinheit und welcher sich aus der Relation

13) $$J = J_o \cdot e^{-m \cdot k_m}$$

ergibt.

Bevor ich auf die Grundlage dieser meiner Annahme komme, muß ich auf den Seleneffekt als solchen eingehen. Ich führe dies hier ausführlich an, weil die hier gegebenen Darlegungen sich mit den entsprechenden Modifikationen auch auf die anderen Körper, welche als Reagentien für die Röntgenstrahlen dienen, anwenden lassen.

Die Leitfähigkeit des Selens beruht, wie ich bereits kurz ausführte, auf der Verschiebung des Dunkelgleichgewichtes des Selens, und zwar tritt bei Belichtung eine Verschiebung zugunsten der Modifikation Se_B ein, also derjenigen Modifikation des Selens, welcher allein ein elektrisches Leitvermögen zuzuschreiben ist. Nach der Belichtung tritt die Rückverschiebung des Dunkelgleichgewichtes ein zugunsten der Modifikation Se_A. Wir haben es also während der Belichtung mit einem arbeitsspeichernden Vorgang zu tun, andererseits mit einem arbeitsleistenden Vorgang. Die primäre Ursache dieser chemischen Lichtwirkung ist, soweit hier die Theorie der lichtelektrischen Erscheinungen in Frage kommt, zurückzuführen auf die erhöhte kinetische Energie der Molekeln, welche wiederum im Zusammenhang steht zu Resonanzerscheinungen mit der Periode der erregenden elektromagnetischen Wellenzüge. Dadurch kommt ein bestimmtes lichtempfindliches System in einen Zustand, der analog ist dem, welcher sich auch bei höheren Temperaturen einstellen würde. Dabei spielen natürlich die Elektronen der Atome bzw. der Molekeln des Systems die erste und ursächlichste Rolle.

Wenn wir nun speziell den photoelektrischen Effekt betrachten, der durch die Röntgenstrahlung im Selen hervorgerufen wird, so müssen wir die kinetische Energie der bei der Absorption der Röntgenstrahlen gebildeten Elektronen als erste Ursache des von uns beobachteten photochemischen Effektes betrachten. Wir unterziehen damit den Seleneffekt derselben einheitlichen Erklärungsform, welcher auch die übrigen besonderen Wirkungen der Röntgenstrahlen zu unterziehen sind und bei welcher wir ebenfalls als erste Ursache der einzelnen Wirkungen die sekundär gebildeten Elektronen bzw. deren kinetische Energie anzusehen haben.

Betrachten wir also die Loslösung von Elektronen infolge der in der Selenzelle absorbierten Röntgenstrahlung als die primäre Ursache des Seleneffektes, so ist damit ohne weiteres ersichtlich, daß eine ganz bestimmte Relation vorhanden ist zwischen der Größe des photochemischen Effektes und der Menge der in der Schicht gebildeten Elektronen. Es ist somit der Seleneffekt ebenfalls eine Funktion der Menge der gebildeten Elektronen.

Es ist

43) $$F_{Se} = f\left(\sum_{o}^{n} E_o\right),$$

wobei F_{Se} die Größe des Effektes darstellt, n die Anzahl der Elektronen, E^o die Energie eines Elektrons.

Aus den Untersuchungen, die bis jetzt über die sekundäre Röntgenstrahlung vorliegen,

und die ich in dem Kapitel über das Sekundärstrahlenproblem eingehend besprochen habe, ergibt sich, daß die Intensität der sekundären β-Strahlung einerseits eine Funktion ist der Intensität der Primärstrahlung, andererseits steht aber die Intensität der sekundären β-Strahlung im bestimmten Zusammenhang mit der Qualität der Primärstrahlung. Im allgemeinen kann man bekanntlich sagen, die Zahl der in einer Sekunde von einem Röntgenstrahlenimpuls ausgelösten Elektronen ist dann ein Maximum, wenn die Härte der Primärstrahlung von dem Wert, der zur Erzeugung der sekundären Röntgenstrahlung, id est der Fluoreszenz-Strahlung, noch nicht ausreicht, bis zu dem ansteigt, der zur Erzeugung dieser Strahlung gerade genügt.

Die Zahl der gebildeten Elektronen ist weiterhin auch abhängig von dem Atomgewicht der emittierenden Substanz. Mit steigendem Atomgewicht steigt auch die Zahl der pro Zeiteinheit emittierten Elektronen für den Fall, daß sich sonst alle übrigen Faktoren gleichbleiben. Der Faktor, der sich für die Zahl der gebildeten Elektronen aus dem Atomgewicht ergibt, ist in unserem Falle, wie aus der Tabelle I zu entnehmen ist, 91, wenn der Faktor bei Aluminium gleich 1 gesetzt wird. Solange wir es also mit einer Röntgenstrahlung zu tun haben, deren Absorptionskoeffizient kleiner ist, als 18,9, solange wird die Absorption im Selen eine normale bleiben und die Menge der gebildeten Elektronen, welche den Seleneffekt bedeutet, wird sich zusammensetzen aus dem für Selen ein für allemal feststehenden Faktor $k = 91$ und einem zweiten Faktor, welcher durch die Intensität der Primärstrahlung allein bedingt ist. Ist diese Forderung erfüllt und benützen wir dann einen Selenzellentypus, wie ihn Fürstenau auf Grund seiner Versuche konstruiert hat, bei welchem also das Trägheitsmoment fast ganz eliminiert ist, so werden wir Resultate erhalten, die einwandfrei sind, und in diesem Falle ist auch das möglich, was Athanasiadis allgemein feststellen zu können glaubte, nämlich, die Intensitäten zweier Röntgenröhren zu vergleichen und andererseits eine Beziehung zu finden zwischen Licht und Röntgenstrahlung.

Nun setzt sich jedoch, wie wir genau ausgeführt haben, das Spektrum eines technischen Röntgenrohres aus Strahlungskomponenten zusammen, deren Absorptionskoeffizienten, ebenfalls wieder bezogen auf Aluminium und die Masseneinheit, schwanken zwischen 88,5 und 0,4. Wir haben es hier mit Spektren zu tun, welche Komponenten enthalten, deren Absorptionskoeffizienten gleich oder kleiner sind als 18,9, welches der Absorptionskoeffizient der charakteristischen Strahlung des Selens bekanntlich ist. In diesen in der Praxis vorkommenden Fällen bestimmt sich somit die Menge der im Selen gebildeten Elektronen nicht mehr allein durch den einen Faktor $k = 91$ und den weiteren Faktor, welcher durch die Intensität der Primärstrahlung gegeben ist, sondern sie wird auch eine Funktion der Primärstrahlenqualität und die ursprünglich einfache Relation wird kompliziert. Wir messen also in dem Seleneffekt nicht mehr die Intensität allein, sondern eine Energiegröße, welche durch die Qualität der Strahlen mit bestimmt wird. Es tritt ein neuer Faktor hinzu, welcher, wie aus den vorhergegangenen Betrachtungen sich ergibt, um so größer ist, je näher der Mittelwert der einzelnen Absorptionskoeffizienten dem Absorptionskoeffizienten der Fluoreszenzstrahlung des Selens liegt. Andererseits wird dieser Faktor um so kleiner, je weiter sich dieser Mittelwert von dem des Selens entfernt und sich dem der Reihe K des Wismuts nähert.

Die Größe dieses neu hinzugetretenen Faktors wird bestimmt durch die Betriebsart der Röntgenröhre. Bei unveränderter Betriebsart ist dieser Faktor konstant. Bei veränderten Betriebsbedingungen jedoch ändert sich dieser Faktor.

Die Menge der gebildeten Elektronen ist allerdings in beiden Fällen auch noch abhängig von der mittleren Härte der Röntgenstrahlung. Diese Beziehung ist jedoch eine gesetzmäßige; es ist die Menge der losgelösten Elektronen, umgekehrt proportional der mittleren Härte.

Damit scheidet Selen für Intensitätsmessungen aus, denn hier wird nur diejenige Meßmethode einwandfreie Werte ergeben, bei welcher die Größe des Effektes durch die Intensität allein bestimmt ist, wie z. B. bei der Ionisationsmethode zur Röntgenstrahlenmessung. Die Anzahl

der gebildeten Ionen ist hier direkt proportional der Intensität der Strahlung und umgekehrt proportional der mittleren Härte der Strahlung. Selen könnte zur Intensitätsmessung der Röntgenstrahlung neben dem eingangs erwahnten Falle dann noch benützt werden, wenn wir es mit homogener Primärstrahlung zu tun hätten. Diese Möglichkeit schaltet aber vorerst für die praktische Röntgenstrahlenmessung von vornherein aus.

Damit scheidet Selen also insgesamt für die praktische Röntgenstrahlenmessung aus, da das Meßresultat durch verschiedene Faktoren, wie die Zeit und die Unterbrechungsfrequenz, also die Betriebsart, stark beeinflußbar ist und durch die selektive Absorption des Selens bestimmt wird.

Andererseits ist auch zu beachten, daß Selen nicht, wie man immer zu hören bekommt, die Intensität also J_o mißt, sondern es mißt eben den Quotienten $\frac{J_o}{H}$, wobei die Halbwertschicht der Strahlung ist.

In neuerer Zeit sind nun auch in die Röntgenstrahlenmeßpraxis noch Instrumente eingeführt worden, welche die Ionisationswirkung der Röntgenstrahlung zur Anwendung bringen. Leider besteht gegen diese Instrumente, die unter dem Namen Iontoquantimeter, Ionometer und anderen Namen eingeführt werden, eine gewisse konservative Abneigung seitens mancher medizinischer Kreise, und doch genügen gerade diese Instrumente den Bedingungen, die man an eine einwandfreie Meßeinrichtung stellen muß, nämlich den Bedingungen des einwandfreien Messens und der Genauigkeit. Das Prinzip all dieser Instrumente ist das, daß ein aufgeladenes Elektrometer sich unter dem Einfluß der Röntgenstrahlen entlädt. Alle anderen Details sind Konstruktionsmomente, die bei den verschiedenen Instrumenten natürlich verschieden sind.

Wie wir in vorausgegangenen Kapiteln bereits ausführten, sind die Röntgenstrahlen unter Umständen sehr heterogen und man kann eben genau so wie bei der Vergleichung von Lichtintensitäten verschiedener Farbe nur solche Methoden zur Vergleichung anwenden, welche die Energie der verschiedenen Strahlen zu vergleichen gestatten.

Eine solche Methode stellt nun bekanntlich die Ionisationsmethode dar. Den Vorgang der Ionenbildung durch die Strahlen haben wir bereits behandelt. Da diese Ionen nicht, wie beim gewöhnlichen Elektrolyten, unabhängig von dem hindurchgehenden Strom in einer zur abgeschiedenen Menge sehr großen Zahl fortwährend neu erzeugt werden, sondern durch die Röntgenstrahlen nur in verhältnismäßig geringer Zahl gebildet werden, so kann der zwischen zwei Elektroden durch die Luft übergehende Strom mit steigender Spannung nicht über einen gewissen Grenzwert, den Sättigungsstrom, hinausgehen. Der Sättigungsstrom ist unabhängig von der Qualität der Strahlen, direkt der in der Volumeneinheit des Gases absorbierten Strahlenenergie proportional. Kennt man dazu noch den Absorptionskoeffizienten des Gases, so kann man hieraus die relative Gesamtenergie berechnen.

Die elektrische Methode erlaubt je nach der Art des benützten Elektrometers natürlich eine beliebige Steigerung der Empfindlichkeit.

Die Schnelligkeit der Entladung des Elektrometers ist also der Menge der in der Ionisationskammer absorbierten Strahlenenergie direkt proportional.

Die Größe dieser Energie ist dabei wieder direkt proportional der Gesamtmenge der Strahlen, von der die Kammer getroffen wird, andererseits ist sie umgekehrt proportional der jeweiligen Halbwertschicht der Strahlen.

Aus den vorausgehenden Betrachtungen geht hervor, daß als Prüfkörper für die von den Weichteilen des menschlichen Körpers aufgenommene Strahlenmenge lediglich ein Stoff kleineren Atomgewichtes als 27, bzw. ein solcher dienen kann, der sich aus Elementen kleineren Atomgewichtes als 27 zusammensetzt.

Dieser letztgenannten Bedingung genügen nun gerade die Meßapparate, welche auf dem Prinzip der Ionisation der Gase durch Röntgenstrahlen aufgebaut sind, sofern die Gase, welche

in der Ionisationskammer enthalten sind, ebenfalls ein Atomgewicht besitzen, welches kleiner ist als 27, und sofern die Metalle, welche den Luftraum der Ionisationskammer direkt umgeben, ebenfalls ein Atomgewicht besitzen, welches kleiner oder gleich ist 27.

Auch andere Meßmethoden sind natürlich möglich, sofern die Reagentien, welche als Maß für die Strahlenwirkung dienen, ein kleineres Atomgewicht als 27 besitzen, so daß selektive Absorption und damit **prinzipielle** Fehlerquellen ausgeschaltet sind.

X. Der Vergleich der Röntgenstrahlenmeßeinrichtungen.

Wir haben aus den bisherigen Ausführungen bereits zur Genüge kennen gelernt, daß bei der Vielfältigkeit der in der Praxis gebräuchlichen quantimetrischen und qualimetrischen Röntgenstrahlenmeßeinrichtungen auch die Frage entstehen muß, ob es denn nicht möglich sei, die Angaben einer Methode in einem bestimmten zahlenmäßigen Zusammenhang zu bringen mit den Angaben einer anderen Methode. Wie wir in der Einleitung der vorliegenden Arbeit bereits bemerkt haben, liegen in der Literatur eine ganze Menge von Arbeiten vor, welche den Vergleich einzelner Meßeinrichtungen zum Gegenstand haben. In diesen Arbeiten differieren die Angaben der Versuche der einzelnen Autoren oft ganz bedeutend.

Wir haben bemerkt, daß H. E. Schmidt (123) bei seinen Vergleichsversuchen zwischen dem Kienböckverfahren und der von Sabouraud und Noiré angegebenen Methode feststellte, daß der Kienböckstreifen stets mehr anzeigte, als die Sabouraud und Noiré-Tablette, ja, daß bei gleicher Verfärbung der Sabouraud und Noiré-Tabletten der Kienböckstreifen das eine Mal 20 Schwärzungsgrade, das andere Mal 30 Schwärzungsgrade und das andere Mal 40 Schwärzungsgrade anzeigt. Schmidt findet also eine völlige Regellosigkeit in den Beziehungen beider Verfahren und nach seinen Angaben lassen sich die Angaben des einen Verfahrens in keinerlei zahlenmäßigen Zusammenhang bringen mit den Angaben des anderen Verfahrens. Schmidt befindet sich damit im Gegensatz zu denjenigen Autoren, welche bestimmte gesetzmäßige Beziehungen zwischen den beiden erwähnten Meßverfahren feststellen zu können glaubten.

Kienböck (66) vertritt in seiner Arbeit über die „Verwertung der Radiometer-Angaben" in den Fortschritten, Band XXII, Heft 6 die Anschauung, daß man nicht einfach die zahlenmäßigen Angaben eines Radiometers nach einer einmal gegebenen Relation in die Zahl eines anderen Radiometers umrechnen könne, da eben die verschiedenen Lichtarten und auch die Lichtmischung auf die Reaktion der Reagenzkörper der verschiedenen Radiometer von großem Einfluß sei. Kienböck hat mit diesen Ausführungen sehr recht; dieselben enthalten jedoch auch schon die Tatsache, daß die Angaben der einzelnen Radiometer sich nicht im Zusammenhang bringen lassen aus Gründen, die wir dann noch behandeln werden. Ein anderer Autor, Adler (2), veröffentlicht in der Strahlentherapie, Bd. V, Heft 1 „Versuche über das Kienböcksche und Holzknechtsche Dosimeterverfahren". Der Verfasser glaubt, daß das photographische Verfahren bei gewissenhafter Einhaltung der vorgeschriebenen Bedingungen doch immer wieder die gleichmäßigsten Werte ergebe.

Wir haben damit, wie bemerkt, die Frage aufzustellen, ob es möglich ist, die Angaben der einzelnen Dosimeter miteinander zu vergleichen, bzw. in einen zahlenmäßigen Zusammenhang miteinander zu bringen. Diese Frage ist von vornherein zu verneinen, und zwar aus Gründen, die wir sowohl bei der Behandlung des Sekundärstrahlenproblems als auch bei der Betrachtung der quantimetrischen Röntgenstrahlenmeßmethoden erwähnt haben. Soll es nämlich möglich sein, die Angaben eines Dosimeters in eine zahlenmäßige Relation zu bringen zu den Angaben eines anderen Dosimeters, so muß, wenn die von einem Reagenzkörper absorbierte Dosis der von einem zweiten Reagenzkörper absorbierten Strahlenenergie proportional sein soll, ein relativ gleichartiges Verhalten der beiden Reagentien vorhanden sein, d. h. mit anderen

Worten, es müssen ihre Absorptionskoeffizienten für alle Strahlenarten, also sowohl für langwellige als für kurzwellige einander proportional sein.

Für Atomgewichte kleiner als 27 trifft die Proportionalität der Absorptionskoeffizienten zu, nicht aber für höhere Atomgewichte, wie sie sich aus den Betrachtungen über das Sekundärstrahlenproblem ergab.

Ein Vergleich der einzelnen Dosimeter untereinander ist deshalb von diesem Gesichtspunkte aus unmöglich. Für alle Reagentien, die auf der Zustandsveränderung von Elementen oder der chemischen Veränderung von chemischen Verbindungen beruhen, die sich aus Elementen höheren Atomgewichtes als 27 zusammensetzen, ist der Vergleich damit unmöglich.

Als Prüfkörper für die Einwirkung der Röntgenstrahlen in physikalischer Hinsicht ist daher immer nur ein Stoff zu gebrauchen, dessen Atomgewicht kleiner ist als 27. Die zuverlässigste quantitative Messung der Röntgenstrahlen ist von diesem Gesichtspunkte aus die iontometrische Messung. Die Ionisationskammer muß dabei in ihrem Innern selbstverständlich Stoffe enthalten, die den bei der Behandlung der quantitativen Messung der Röntgenstrahlen erwähnten Bedingungen genügen. Es müssen also die in der Ionisationskammer enthaltenen Gase sowohl als auch die Metalle, welche den Ionisationsraum direkt umschließen, diesen erwähnten Forderungen in jeder Hinsicht genügen. Auch die physikalisch-technische Reichsanstalt wendet ja zur Prüfung von Radium- und Mesothorium-Präparaten diese Methode an und in der eigentlichen Röntgenphysik werden alle Untersuchungen unter Zuhilfenahme dieser einen elektrischen Methode vorgenommen. Diese Methode stellt diejenige Methode dar, von der wir in der Einleitung bemerkten, daß der Physiker sie für seine speziellen Zwecke zur hohen Vollendung gebracht hat, daß diese Methode jedoch bis jetzt Eigentum seines speziellen Gebietes geblieben ist und aus dem Laboratorium fast gar nicht in die Praxis hinauskam.

Wir erwähnten bereits, daß die Schnelligkeit der Entladung des Elektrometers, das zu diesen Messungen Verwendung findet, direkt proportional ist der Menge der in der Zeiteinheit absorbierten, und zwar in der Kammer absorbierten Strahlenenergie.

Die Größe dieser Absorption ist dabei proportional der Gesamtmenge der Strahlen, von der die Kammer getroffen wird, sie ist umgekehrt proportional der Halbwertschicht der Strahlen. Infolge der letzten erwähnten Beziehung, daß die Absorption umgekehrt proportional ist der Halbwertschicht der Strahlen, ist mittels des Ionisationsprinzipes auch eine Härtemessung der Röntgenstrahlen möglich. Man kann also entweder die von Christen angegebene Halbwertschicht iontometrisch bestimmen oder auch den bereits behandelten Absorptionskoeffizienten, wobei dann die Menge der in der Kammer gebildeten Ionen wieder direkt proportional ist dem Absorptionskoeffizienten.

XI. Die Einwirkungen der Röntgenstrahlen auf die Zelle.

Krause, Bonn, hat in seinem Referat: „Über die biologischen Wirkungen der Röntgenstrahlen auf tierisches und menschliches Gewebe“ auf dem X. Röntgenkongreß 1914 seine Ausführungen dahin zusammengefaßt, daß er sagte, „es werden von Röntgenstrahlen die Zellen angegriffen, und zwar

1. je größer die Sekundärstrahlung in der Zelle ist,
2. um so stärker, entsprechend der allgemeinen biologischen Erfahrung, je jünger die Zelle ist und
3. um so stärker, je größer die Proliferationsfähigkeit der Zelle ist.“

Wir haben diese Punkte ebenfalls früher angeführt und wir haben dabei bemerkt, daß es als sehr wahrscheinlich anzunehmen ist, daß die von Krause, Bonn, aufgeführte zweite und dritte Tatsache lediglich eine Bedingung für die erste Tatsache darstellen, so daß man also die dritte Tatsache dahin zusammenfassen kann, daß die Zelle durch die Röntgenstrahlen um

so stärker angegriffen wird, je größer die Sekundärstrahlung in der Zelle ist, wobei die Sekundärstrahlung um so größer ist, je jünger die Zelle einerseits ist und je größer ihre Proliferationsfähigkeit andererseits ist.

Es ist anzunehmen, daß die biologische Wirkung der Röntgenstrahlen lediglich eine sekundäre Erscheinung primärer physikalischer Vorgänge ist. Diese physikalischen primären Vorgänge sind die sekundäre β-Strahlenbildung im Innern der Zelle, welche dann die von uns beobachtete biologische Wirkung hervorruft. Die biologische Wirkung der Röntgenstrahlen in der Zelle ist ja wohl lediglich eine Art chemischer Wirkung der Röntgenstrahlen und wir haben bei der Behandlung des Sekundärstrahlenproblems ausgeführt, daß bei der chemischen Wirkung der Röntgenstrahlen die von der absorbierten Strahlenenergie freigemachten Elektronen durch ihre kinetische Energie eine Dissoziation der Molekeln herbeiführen und damit den Anlaß geben zu einem chemischen Umsatz. Es lassen sich eben aus Gründen, die wir auch schon besprochen haben, die ganzen Wirkungen der Röntgenstrahlen zurückführen auf eine Ursache, nämlich auf die Energie, die in den von den Primärstrahlen aus den Atomen und Molekeln des durchstrahlten Mediums absorbierten Röntgenstrahlen enthalten ist. Wir haben es also immer nur mit Energietransformationen zu tun, wobei die Energie, die in den in dem durchstrahlten Medium absorbierten Röntgenstrahlen enthalten ist, zuerst in der kinetischen Energie der sekundären Elektronen wieder erscheint, als deren Folge dann die besonderen Wirkungen der Röntgenstrahlen auftreten. Bei dieser Reihe von Energietransformationen geht ein Teil der Energie als Wärme verloren, schon allein der Entropie wegen, wobei vielleicht anzunehmen ist, daß die erzeugte Wärmeenergie bei dem als biologischen Effekt sich uns darstellenden chemischen Vorgang ebenfalls eine Rolle spielt.

Nun ist allerdings noch auf eines hinzuweisen, nämlich, daß in den Zellen des menschlichen Körpers Elemente enthalten sind, deren Atomgewicht höher ist als 27, so daß unter Umständen die Reaktion in den Zellen eine ganz andere sein kann als in dem Meßgerät, welches den vorerwähnten Bedingungen genügt. Auch ist dabei noch zu bemerken, daß die Verteilung dieser Elemente innerhalb der Zelle wieder eine verschiedene sein kann und wird, so daß also der Effekt in der einen Zelle sich anders darstellt, als der in der anderen Zelle. Auch Löwenthal, Braunschweig, weist ja in seiner Arbeit über „Sekundäre Elektronenbildung" in der Strahlentherapie, Bd. V, Heft 1 (91) darauf hin, daß die in den Zellen enthaltenen Medien, Eisen und Kalk, hauptsächlich für die sekundäre Elektronenbildung in Betracht kommen und er weist auf die außerordentlich wichtige Rolle hin, welche das Eisen für die biologischen Wirkungen der Röntgenstrahlen spielt.

Aus diesen Betrachtungen ergibt sich wiederum die Tatsache, daß, wenn die Röntgenstrahlen physikalisch einwandfrei gemessen sind, und dies ist möglich, wenn die bei der Behandlung der Strahlenmeßeinrichtungen erwähnten Bedingungen alle erfüllt werden, bei gleichem physikalischen Effekt nicht immer der gleiche biologische Effekt eintreten muß. Auf diesen Punkt haben wir ja auch eingangs bereits hingewiesen und bemerkt, daß es ohne weiteres ersichtlich sei, daß eine Vergleichung der chemisch-biologischen Wirkung auf die Zelle und der physikalisch-chemischen Wirkung auf das Meßgerät mit großen Fehlerquellen verknüpft sein müsse, schon allein deswegen, weil wir über die biologische Wirkung der Röntgenstrahlen noch zum größten Teil im unklaren sind und wir den Vorgang bis jetzt in keine gesetzmäßige Form bringen konnten. Wir haben ferner ausgeführt, daß, wenn wir die chemisch-biologische Wirkung der Röntgenstrahlen auf die Zelle auf Grund ihrer Wirkung auf das Meßgerät einigermaßen sicher abschätzen wollen, naturgemäß die Einwirkung auf das Meßgerät zum mindesten von Fehlerquellen frei sein müsse; in einem Punkt müssen Irrschlüsse ausgeschaltet werden.

Denn, wie wir bemerkten, haben wir es im Körper mit Substanzen zu tun, die selektives Absorptionsvermögen besitzen, wie eben Eisen, Kalk und andere Substanzen. Es wird bei ihnen die Zahl der gebildeten Elektronen, die wiederum für den biologischen Effekt bestimmend ist

dem Maximum zustreben. Ist nun auch noch die zur Verwendung kommende Röntgenstrahlenmeßmethode den Fehlerquellen der selektiven Absorption unterworfen, so können unter Umständen sehr große Differenzen auftreten und man kann unmöglich sagen, daß die durch den Effekt des Reagens, das zur Röntgenstrahlenmessung in diesem Falle dient, ausgedrückte Strahlenenergie auch nur in irgendwelche gesetzmäßige Beziehungen zu der Strahlenenergie zu stellen ist, die sich im biologischen Effekt offenbart. Ein Vergleich ist damit unmöglich. Vergleichen will aber die praktische Röntgenstrahlenmessung, und zwar, wie wir bereits bemerkten, vergleichen zwischen der physikalisch-chemischen Wirkung auf das Meßgerät und der chemisch-biologischen Wirkung auf die Zelle. Bei der Meßmethode müssen also Irrschlüsse ausgeschaltet werden. Diese letztere Möglichkeit ist gegeben, wie wir bereits kennen lernten, und es liegt in der Hauptsache als das viel wichtigere Problem die Notwendigkeit des Studiums der biologischen Wirkung der Röntgenstrahlen im Zusammenhang mit der Dosimetrie vor, wobei die Betrachtung und Behandlung von dem Sekundärstrahlenproblem aus erfolgen muß, eben mit Rücksicht darauf, daß die biologische Wirkung der Röntgenstrahlen eine Folge ist primärer physikalischer Vorgänge, welche sich innerhalb der Zelle abspielen.

XII. Forderungen für das Qualimeter.

Aus allen diesen angestellten Untersuchungen ergibt sich eine Anzahl von Forderungen für die Röntgenstrahlenmessung. Die Tatsache, daß das Spektrum der Röntgenstrahlen durch den Verlauf der Spannungskurve an der Röntgenröhre hinreichend definiert ist und auf Grund der Tatsache, daß durch die Plancksche Quantentheorie ein Zusammenhang konstruiert werden kann zwischen der Wellenlänge und der Spannung und damit durch die Tatsache, daß die Härte einer Röntgenstrahlung durch die an der Röhre anliegende und zur Wirkung kommende Spannung gegeben ist, läßt als Forderung für die Qualimetrie der Röntgenstrahlung feststellen, Spannungsmessung an der Röhre, Beobachtung der Kurvenform, wobei wir nach völliger Klärung der Beziehungen zwischen Strom- und Spannungskurve infolge der mit der beschriebenen Methode leicht beobachtbaren Form der Stromkurve auf die Veränderungen der Spannungskurve schließen können.

Da die Spannungsmessung und die zu beobachtende Kurvenform uns wieder nur einen Schluß auf das ungefilterte Strahlengemisch zulassen und andererseits mit Rücksicht auf die therapeutische Wirkung das von der Röhre ausgehende Strahlengemisch je nach dem Verwendungszweck zu filtrieren ist mit 1,2 oder mehr mm Aluminium, oder einem anderen Filter (Zinkfilter, Goldfilter), so muß auch eine Messung der Härte der Strahlen möglich sein hinter dem Filter, wobei als einwandfreie Meßmethode die iontometrisch festgestellte Halbwertschicht anzusehen ist oder der iontometrisch festgestellte Absorptionskoeffizient ausgedrückt in Werten von Aluminium. Die Beziehungen zwischen der Halbwertschicht und dem Absorptionskoeffizienten haben wir eingehend behandelt. Wird diesen Bedingungen genügt, so sind diejenigen Forderungen, die an eine einwandfreie Qualimetrie zu stellen sind, erfüllt, solange die Wellenlängenbestimmung noch nicht als qualimetrisches Verfahren eingeführt werden kann.

XIII. Forderungen für das Quantimeter.

Wir haben eingangs bereits ausgeführt, daß als quantimetrische Verfahren alle diejenigen auszuscheiden haben, die auf der Zustandsveränderung von Substanzen beruhen, deren Atomgewicht höher ist als 27, oder auch der Veränderung chemischer Verbindungen, deren Atomgewicht höher liegt als 27. Andererseits haben wir festgestellt, daß die Ionisationsmethode eine einwandfreie Strahlenmessung zuläßt, sobald für das Quantimeter nur die erwähnten Bedingungen erfüllt sind, nämlich, daß die in der Ionisationskammer enthaltenen Gase sowohl als auch die Metalle, welche die Ionisationskammer direkt umschließen, kleineren Atomgewichtes

sind, als 27. Die Idee des Vergleiches der bekannten Dosimeter ist fallen zu lassen, da die Angaben zweier oder mehrerer Dosimeter, wie wir ebenfalls bereits bemerkten, nur dann in zahlenmäßigem Zusammenhang zu bringen sind, wenn die beiden Stoffe sich den verschieden harten Strahlen, also den verschiedenen Lichtarten gegenüber relativ gleichartig verhalten, d. h. wenn ihre Absorptionskoeffizienten für alle Strahlenarten in dem betreffenden Medium einander proportional sind.

Da uns durch die Analyse der Spannungskurve an der Röhre die Möglichkeit gegeben ist, Rückschlüsse auf die Zusammensetzung des von der Röhre ausgehenden Strahlengemisches zu machen, so ist es uns dadurch wieder möglich, die Angaben des Meßgerätes in Zusammenhang zu bringen mit der Radiosensibilität der Zelle, und zwar offensichtlich wieder unter Heranziehung des Sekundärstrahlenproblems. Die Aufstellung von Tabellen zu diesem Zweck ist möglich mittels bestimmter physikalischer und chemischer Methoden.

XIV. Allgemeine Forderungen.

Aus diesen Betrachtungen ergibt sich die auch eingangs erwähnte Notwendigkeit der Schaffung einheitlicher Bezeichnungen. Für die Qualimeter kommt für die Praxis, solange man die Wellenlänge nicht einführen kann, die von Christen eingeführte Halbwertschicht in Betracht; für experimentelle Messungen kann auch der in der Physik gebräuchliche Absorptionskoeffizient eingeführt werden, wobei dann die Halbwertschicht oder der Absorptionskoeffizient in Zusammenhang zu bringen ist mit den Spannungswerten und der spektralen Verteilung in Rücksicht auf das erwähnte Problem der Eichung der Dosimeter nach der Radiosensibilität der Zelle. Wird der Absorptionskoeffizient und die Halbwertschicht eingeführt, so lassen sich auch die experimentellen Ergebnisse, falls für sie die Einführung des Absorptionskoeffizienten in Frage kommt, leicht in Zusammenhang bringen mit praktischen Versuchen bzw. lassen sich experimentelle Schlüsse leicht in die Praxis übertragen, da wir ja gesehen haben, daß der Absorptionskoeffizient in bestimmter Beziehung mit der Halbwertschicht steht.

Für das Quantimeter kommt als Einheit eine bestimmte Anzahl Ionen in Betracht, welche an dem Elektrometer einen bestimmten Abfall veranlassen. Dieser Begriff wurde von Szilard in seiner Arbeit „Ein absolutes Maß für die biologischen Wirkungen der Röntgen- und Gammastrahlen" in der „Strahlentherapie", Bd. V, Heft 1 (121) bereits eingeführt und diese Einheit bezeichnet Szilard als Mega-mega-Ion. Dieser Begriff, der auf bestimmten physikalischen Überlegungen beruht, dürfte wohl am besten „Röntgenenergiequantum" genannt werden, und zwar so, daß man sagt, ein bestimmtes Röntgenenergiequantum bringt einen bestimmten biologischen Effekt hervor. Alle willkürlichen Werte sind aus der Quantimetrie ebenso zu entfernen, wie aus der Qualimetrie. Das Bestreben, sie aus der Qualimetrie zu entfernen, ist ja vorhanden und von Christen als erstem Verteidiger durchgeführt worden. Christen versuchte in die Qualimetrie der Röntgenstrahlen durch seine Halbwertschicht eine physikalisch wohl definierte Einheit zu bringen, um, wie er selbst sagt, damit endlich einmal Ordnung zu bringen in die Willkürlichkeit der einzelnen Härteskalen. Was für die Qualimetrie hier möglich ist, muß auch in der Quantimetrie erreicht werden.

XV. Zusammenfassung.

Wir haben durch unsere Ausführungen gesehen, daß die Möglichkeit besteht, qualimetrische und quantimetrische Methoden zu schaffen, die physikalisch einwandfrei sind und nach Spektrum und Radiosensibilität geeicht werden können. Völlig wird dieses Problem erst dann gelöst werden können, wenn es gelingt, Röntgenspektra in wenigen Minuten aufzunehmen. Die Eichung nach der Radiosensibilität der Zelle erscheint als ein außerordentlich wichtiges Problem der Röntgenstrahlenmeßtechnik, wenn nicht als das Hauptproblem, denn, wie wir

eingehend behandelten, ist die physikalisch einwandfreie Messung durchaus noch nicht der sichere Beweis dafür, daß in einer analogen Körperschicht die gleiche Strahlenmenge absorbiert wurde.

Es sind die Absorptionsverhältnisse im Innern des Körpers unter Umständen eben sehr verschiedene von den Absorptionsverhältnissen des Meßgerätes, selbst wenn man hier Fehlerquellen ausschaltet.

Das Studium der biologischen Wirkung innerhalb der Zelle ist deshalb ein außerordentlich dringliches Problem, welches notwendig in Zusammenhang gebracht werden muß mit der Ausbildung und Vervollkommnung der Meßmethoden.

Literatur-Verzeichnis.

1) Ackroyd u. Knowles, „Durchlässigkeit einer Reihe von Substanzen für die Röntgenstrahlen." Nature, 1896, 53, p. 616.

2) Adler, „Versuche über das Kienböcksche und Holzknechtsche dosimetrische Verfahren." Strahlentherapie, Bd. 5, Heft 1.

3) Albers-Schönberg, „Das Problem der Sekundärstrahlentherapie." Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr., Bd. 21, Heft 1.

4) Angerer, „Bolometrische Untersuchungen über die Energie der X-Strahlen." Ann. d. Physik, 1906, 4. Folge, Bd. XXI, S. 87.

5) Angerer, „Ursprung der Wärmeentwicklung bei der Absorption von Röntgenstrahlen." Ann. d. Physik, 1907, Bd. XXIV, S. 370, Ref.: Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr., Bd. XII, Heft 1, S. 64.

6) Athanasiadis, „Das Verhältnis der Beleuchtung zum Leitvermögen des Selens." Ann. d. Physik, 25, 1908, p. 92.

7) Athanasiadis, „Wirkung der Röntgenstrahlen auf den elektrischen Widerstand des Selens." Ann. d. Physik, 27, 1908, p. 890.

8) Aubel, „Über den Einfluß der radioaktiven Körper auf das elektrische Leitvermögen des Selens." Compt. rend. 136, 1903, p. 929 u. Phys. Zeitschr. 4, 1903, p. 807.

9) Badstübner, „Das Milliamperemeter bei Röntgenaufnahmen und bei der Härtebestimmung von Röhren." Deutsche militärärztl. Zeitschr. 1913, Heft 9, S. 339.

10) Barkla, „Jahrbuch der Radioaktivität und Elektronik." V. Band, p. 246—324, 1908.

11) Barkla u. Sadler, Phil. Mag. 16, p. 550–584, 1908.

12) Bauer, „Das Qualimeter, ein Instrument zur Messung der Härte einer Röntgenröhre." Arch. of the Röntgen Ray 1911, Nr. 126, S. 305, Ref.: Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr. Bd. XII, Heft 5, S. 402.

13) Benoist, „Verfahren zur Messung der Absorption der Röntgenstrahlen." Arch. d'élektr. méd., 1906, Bd. XIV, p. 260, Ref.: Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr., Bd. X, Heft 1, S. 7.

14) Beez, „Über ein direkt zeigendes elektrisches Röntgenstrahlen-Energiemeter." Verhandl. d. Deutsch. Röntgenges., 1911, Bd. VII, S. 118.

15) Bloch, „Wirkung der Radiumstrahlen auf das Selen." Compt. rend. 132, 1901, pag. 1914 u. Chem. Zentralbl., 1901, 1. p. 1078.

16) Boas, „Ein Polarisationsphotometer zur Messung der Kontrastintensität der Röntgenstrahlen." Verhandl. d. Deutsch. physik. Gesellsch., 1899, I. 242, Ref.: Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstrahlen, 1900, Bd. III, Heft 3, S. 124.

17) Bordier, „Noveau chromomètre 35. Congres pour l'avancement des sciences." Lyon 2.—9. VIII. 1905, Ref.: Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr., Bd. X, Heft 5, S. 98.

18) Botteli u. Garbasso, „Angestellte Untersuchungen über die Durchlässigkeit verschiedener Körper für die Röntgenstrahlen." Amer. Annual. of Photogr., 1899, p. 50 u. Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr., 1899, Bd. II, Heft 6, S. 235.

19) Broek, „Röntgenstrahlen." Physikal. Zeitschr., Bd. 15, S. 894.

20) de Broglie, „Über eine Methode, die Spektra der Röntgenstrahlen zu photographieren." Berichte d. Deutsch. physik. Ges., 1913, Jahrg. 15, S. 1348.

21) Broglie, Compt. Rend., 17. Nov. 1913.

22) Broglie, Compt. Rend., 19. Jan. 1914.

23) Christen, „Zur Theorie und Technik der Härtemessung." Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr., Bd. 22, Heft 2.

24) Christen, „Über einige aktuelle Fragen der Röntgenphysik." Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr., Bd. 21, Heft 1.

25) Christen, „Messung und Dosierung der Röntgenstrahlen." Monographie.

26) Christen, „Beitrag zur Einführung der direkten Dosimetrie." Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr., Bd. XVIII, S. 149.

27) Christen, „Direkt oder Indirekt?" Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr., Bd. XIX, S. 93.

28) Christen, „Das Lastkonto der Sabouraudpastille." Fortschr. a. d. Geb. der Röntgenstr., Bd. XIX, S. 161.

29) Christen, „Maße und Messungen in der Röntgenkunde." Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr., Bd. XX, S. 182.
30) Christen, „Über einige aktuelle Fragen der Röntgenphysik." Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr., Bd. XXI, S. 1.
31) Christen, „Messung heterogener Röntgenstrahlen." Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr., Bd. XXIII, Heft 3.
32) Christen, „Messung der Flächenenergie unabhängig vom Härtegrad." Physik. Zeitschr., Bd. XVI, S. 362 u. ff.
33) Christen, „Das Prinzip des Iontoquantimeters." IX. Röntgen-Kongreß 1913, S. 96.
34) Clelland, „Selektive Absorption von Röntgenstrahlen." Proc. Roy. Sob., 18. VI. 1896.
35) Colwella Russ, „Die Verwandlung von Stärke in Dextrin durch Röntgenstrahlen." Natura 1912, Vol. LXXXIX, p. 337, Ref.: Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr., 1912, Bd. XIX, S. 110.
36) Crane, „The Sciameter." Philadelphia, Med. Journ., 1900, Nr. 1.
37) Curie, „Leitfähigkeit flüssiger Dielektrika unter dem Einfluß von Radium- und Röntgenstrahlen." Comptes rend., 1902, 134, p. 420 bis 423.
38) Dessauer, „Radiumähnliche X-Strahlung." Physik. Zeitschr., Bd. XV, S. 739.
39) Dessauer u. Winawer, „Absorption sehr harter X-Strahlen." Phys. Zeitschr., Bd. XV, S. 942.
40) Eden u. Pauli, „Über die vermeintliche Eigenstrahlung des Blutes nach vorausgegangener Röntgenbestrahlung." Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr., Bd. XXII, Heft 4.
41) Fein, „Vergleich der Durchlässigkeit verschiedener Materialien für Röntgenstrahlen." Zeitschr. f. Elektrochemie, 1896, Bd. II, S. 583.
42) Freund, „Über die gebräuchlichen Meßmethoden der Röntgenstrahlen mit besonderer Berücksichtigung ihrer Brauchbarkeit in der Praxis des Röntgentherapeuten." Zeitschr. f. Elektrologie u. Röntgenkunde. Bd. X, Heft 7, S. 248.
43) Freund, „Über das jodometrische Verfahren." K. k. Gesellsch. d. Ärzte in Wien, 25. V., 1906, Ref.: Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr., Bd. X, Heft 4, S. 251.
44) Friedrich, „Einfluß der Härte der Röntgenröhren auf die Interferenzerscheinungen an Kristallen."
45) Friedrich u. Koch, „Methoden zur photographischen Spektralphotometrie der Röntgenstrahlen." Ann. d. Phys., Bd. 45, S. 399 u. ff.
46) Friedrich u. Knipping, „Interferenzerscheinungen bei Röntgenstrahlen." Ann. d. Phys., 1913, Bd. XLII, S. 1064.
47) Fürstenau, „Über Röntgenstrahlendosierung." Verhandl. d. Deutsch. Röntgenges., 1911, Bd. VII, S. 132.
48) Giltay, „Röntgenstrahlen und der Widerstand des Selens." Nature, 54, 1896, p. 109.
49) Gladstone u. Hilbert, „Die Durchlässigkeit von Elementen mit kleinem Atomgewicht für die Röntgenstrahlen." Chem. News, 1897, 76, p. 197.
50) Gladstone u. Hilbert, „Weitere Versuche über die Absorption von Röntgenstrahlen durch chemische Verbindungen." Chem. News, 1898, 87, p. 199—200.
51) Glatzel, „Untersuchungen über Trägheit und Empfindlichkeit lichtempfindlicher Zellen." Verhandl. d. Deutsch. phys. Gesellsch., 1912, S. 607.
52) Greinacher, „Die Messung der Radium- u. Röntgenstrahlen." Monatshefte f. prakt. Dermatol., Bd. L, Nr. 7 u. 8, Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr., 1910, Bd. XV, Heft 6, S. 385.
53) Großmann, „Grundprinzipien der Dosimetrie." Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr., Bd. XXII.
54) Großmann, „Über Sekundärstrahlen u. Sekundärstrahlentherapie." Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr., Bd. XXII, Heft 4.
55) Hebert u. Reynaud, „Über ein Photometer für X-Strahlen." Bull. soc. chim., 1899, 21, p. 392—394.
56) Herwig, „Über das Spektrum der Röntgenstrahlen." Verhandl. d. Deutsch. phys. Ges., 1914, S. 733 u. ff.
57) Herwig, „Beiträge zur Kenntnis der Ionisation durch Röntgen- und Kathodenstrahlen." Ann. d. Phys., 1906, 4. Folge, Bd. XIX, S. 333.
58) Heßmann, „Zur Dosierung der Röntgenstrahlen in der Praxis." Verhandl. d. Deutsch. Röntgenges., 1908, Bd. IV, S. 85.
59) Himstedt, „Über einige Versuche mit Becquerel- und Röntgenstrahlen." Bericht d. Naturf.-Ges. Freiburg, XI, 1900, p. 126 u. Ann. d. Phys., 4, 1901, p. 531.
60) Holzknecht, „Über das Chromoradiometer. Dosierung der Röntgenstrahlen." II. intern. Kongreß f. med. Elektrologie u. Radiologie, Bern, 1—6, IX, 1902, Ref.: Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr., 1902, Bd. VI, Heft 1, S. 49.
61) Holzknecht, „Weitere Mitteilungen über das Chromoradiometer. Dosierung der Röntgenstrahlen." Verhandl. d. Versamml. deutsch. Naturforscher und Ärzte in Karlsbad, derm. Sektion, 1902.
62) Holzknecht, „Über Dosierungsverfahren." K. k. Ges. der Ärzte, Wien, 1. IV. 1906.
63) Holzknecht, „Über die Erzeugung von Nachfarben durch Röntgenstrahlen." Verhandl. d. Deutsch. Physik.-Gesellsch., 4. Jahrg., Nr. 1 u. 2, S. 25—28, Ref.: Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr., 1913, Bd. 4, Heft 3, S. 164.
64) Kerschbaum, „Das neue Röntgenrohr nach Coolidge." Naturwissenschaft, 1914, S. 654 u. ff.

65) Kienböck, „Über Härtemesser des Röntgenlichtes." Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr., Bd. XXII, Heft 6.

66) Kienböck, „Über die Verwertung der Radiometerangaben." Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr., Bd. XXII, Heft 6.

67) Kienböck, „Über Dosimetrie und das quantimetrische Verfahren." Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr., Bd. IX, Heft 4.

68) Kienböck, „Über die Nomenklatur in der radiotherapeutischen Technik." Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr., S. 294, Bd. XIX.

69) Kienböck, „Über Dosimeter und das quantimetrische Verfahren." Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr., Bd. IX, Heft 4, S. 276.

70) Klingelfuß, „Strahlentherapie." 1913, Bd. III, S. 772—838.

71) Klingelfuß, „Über Messung und Dosierung der Röntgenstrahlen in absoluten Einheiten." Münchn. med. Wochenschr., 1908, S. 29.

72) Klingelfuß, „Über ein neues Meßverfahren zur Dosierung der Röntgenstrahlen mittels Strom- und Spannungsmessung an der gedämpften Welle." Verhandl. d. Deutsch. Röntgenges., 1908. Bd. VI.

73) Klingelfuß, „Die Änderung der Röntgenstrahlenhärte durch die elektrische Spannung bei einer Röntgenröhre." Verhandl. d. Deutsch. Röntgenges., 1909, Bd. V.

74) Klingelfuß, „Über ein neues Röntgenverfahren zur kontinuierlichen Ablesung der Härte einer Röntgenröhre. Über ein neues Meßverfahren zur Dosierung der Röntgenstrahlen mittels Strom- u. Spannungmessung an der gedämpften Welle." Verhandl. d. Deutsch. Röntgenges., 1908, Bd. VI, S. 145.

75) Klingelfuß, „Über Messungen und Dosierung der Röntgenstrahlen in absoluten Einheiten." Intern. Kongr. f. med. Elektrologie u. Röntgenkunde, Amsterdam, 1908, Ref.: Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr., Bd. XII, Heft 6, S. 430.

76) Klingelfuß, „Die Änderung der Röntgenstrahlenhärte durch die elektrische Spannung bei einer Röntgenröhre." Verhandl. d. Deutsch. Röntgenges., 1909, Bd. V, S. 62.

77) Klingelfuß, „Bericht über Vergleichsmessungen der Sabouraud-Noiréschen Reaktionsdose mit absoluten Einheiten." Zentralbl. f. Röntgenstr., Radium u. verwandte Geb., 1910, H. 11/12, Ref.: Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr., Bd. XVI, Heft 6, S. 467.

78) Klingelfuß, „Die Einrichtung zur Messung der Röntgenstrahlen mit dem Sklerometer." Zeitschr. f. Röntgenkunde und Radiumforschung, 1910, Bd. XII, Heft 11, S. 381.

79) Klingelfuß, „Die Einrichtung zur Messung der Röntgenstrahlen mit dem Sklerometer." Phys. Zeitschr., 1910, Bd. XI, S. 917.

80) Kossel, „Absorption homogener Röntgenstrahlen." Verhandl. d. Deutsch. phys. Ges., 1914, Bd. II, S. 894 u. ff.

81) Kossel, „Bemerkung zur Absorption homogener Röntgenstrahlen." Verhandl. d. Deutsch. phys. Ges., 1914, S. 898 u. ff.

82) Krause, „Die biologischen Wirkungen der Röntgenstrahlen auf tierisches und menschliches Gewebe." Verhandl. d. Deutsch. Röntgenges., 1914.

83) Krönke, „Über die Messung der Intensität und Härte der Röntgenstrahlen." Dissertation, Göttingen, 1913.

84) Laub, „Über einige Erscheinungen beim Durchgange sehr harter Röntgenstrahlen durch Körper." Phys. Zeitschr., Bd. XV, S. 140 u. ff.

85) Levy-Dorn, „Zur skiagraphischen Photometrie." Deutsch. med. Wochenschr., 1898, Nr. 8.

86) Levy-Dorn, „Über Dosierung der Röntgenstrahlen. Einfluß des Instrumentariums auf die Strahlenqualität." II. Kongres internationale de physiotherapie, Rome, 13.—16. X. 1907, Verhandl., S. 713.

87) Levy-Dorn, „Abhängigkeit der Färbung der Sabouraud-Noiré-Plättchen von der Qualität der Strahlen. Abhängigkeit der Röhrenhärte vom Instrumentarium." Verhandl. d. Deutsch. Röntgenges., 1909, Bd. V, S 68. (Diskussion.)

88) Lilienfeld, „Die Elektrizitätsleitung im extremen Vakuum." Ann. d. Phys., 1914, Nr. 1.

89) Lilienfeld, „Eine von der Erregung des Zündpotential freie Röntgenröhre." Leipz. Berichte u. Verhandl., 1914, S. 76 u. ff.

90) Loebe, „Intensitätsverteilung von Röntgenstrahlen, die von einer Graphit-Antikathode ausgehen." Ann. d. Phys., Bd. XLIV, 1914.

91) Loewenthal, „Über sekundäre Elektronenbildung." Strahlentherapie, Bd. V, Heft 1.

92) Lord Blythswood and Marchand, „Absorption der Röntgenstrahlen durch wässerige Salzlösungen." Proc. Roy. Soc., London, 1899, 85.

93) Ludewig, „Das Verhalten der Röntgenröhre im praktischen Röntgenbetriebe." Phys. Zeitschrift, Bd. XVI, Nr. 3.

94) Madsen, Phil. Mag. 16, p. 910-939, 1908.

95) Meyer, „Über exakte Dosimetrie u. Röntgenschutz." Med. Gesellsch., Kiel, 3. XI. 1910, Ref.: Berl. Klin. Wochenschr., 1911, Nr. 2, S. 95.

96) Moseley u. Darwin, Phil. Mag. 26, p. 210 bis 232, 1913.

97) Owen, „Über die Zerstreuung der Röntgenstrahlung." Procedings of The Cambridge Philos. Soc., 1911, Vol. 1, XXVI, p. 161, Ref.: Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr., Bd. XVII, Heft 4, S. 248.

98) Pagenstecher, „Über die Benutzung von Sekundärstrahlen zur Verstärkung der Röntgenstrahlenwirkung." Münch. med. Wochenschr., 1913, S. 1319.

99) Perreau, „Einfluß der X-Strahlen auf den elektrischen Widerstand des Selens." Compt. rend., 129, 1899, p. 956 und Beiblatt z. d. Ann. d. Phys., 24, 1900, p. 135.

100) Pfund, „Anwendung der Selenzelle in der Photometrie." Phys. Zeitschr., 1912, S. 507.

101) Pirie, „The electrolytic method of measuring X-rays." Royal Society of Med. Electroterap., Sept. 27, III, 1908, Ref.: Fortschr. a. d. G. d. Röntgenstr., Bd. XIII, Heft 3, S. 170.

102) „A new method for using X-rays" (Röntgenstrahlenquantimeter). Lancet, 13, VII, 1907, Ref.: Zentralbl. f. Chirurgie, 1907, Nr. 40, S. 1186.

103) Pirie, „The skin pastille methode of measuring the epilation dose." Arch. of the Röntgen Ray, 1911, Nr. 129, p. 428, Ref.: Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr., Bd. XVII, Heft 3, S. 175.

104) Precht, „Die photographische Wirkung der Röntgenstr." 1899, Bd. III, Heft 2, S. 64.

105) Precht, „Gesetz der photographischen Wirkung der Röntgenstrahlen." Archiv für wissenschaftl. Photograph., 1899, 1, S. 260—268.

106) Ritter, Rost und Krüger, „Experimentelle Studien zur Dosierung der Röntgenstrahlen mit dem Sabouraudschen Dosimeter."

107) Rohmann, „Ein Röntgenspektroskop." Phys. Zeitschr., Bd. 15, S. 510.

108) Rosenthal, „Einiges zur Frage der Strahlentherapie." Münch. med. Wochenschr. 1914, S. 1058 u. ff.

109) Rutherford und Clung, „Über die Energie der Becquerel- und Röntgenstrahlen und die zur Erzeugung von Ionen in Gasen nötige Energie." Proc. Roy. Soc., 1900, 67, p. 245—250, Phys. Zeitschr., 1900, 2, S. 53—55.

110) Rutherford, „Die chemische Wirkung der Strahlungen." Archiv of the Röntgen Ray, 1912, Vol. XVII, Nr. 146, p. 140, Ref.: Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr., 1912. Bd. XIX, S. 231.

111) Sagnac, „Sur la transformation des rayons X par les metaux." Comptes rendus, 26. VII. 1897 et 6. XII. 1897, Bd. CXXV, p. 942.

112) Sagnac, „Recherches sur la transformation des Rayons X par la matière." L. éclairage électr., 1898, 14, p. 466, 509 et 547.

113) Sagnac, „Caractères de la transformation des rayons par la matière." Comptes rend., 1898, 126, p. 887—890.

114) Sagnac, „Emission des Rayons sécondaires inégalement absorbables dans la transformation des rayons X par un même corps" (Sekundärstrahlen). Compt. rend., 1899, 128, p. 300—303.

115) Seemann, „Das Röntgenspektrum des Platins." Phys. Zeitschr., Bd. XV, S. 794.

116) Seitz, „Geschwindigkeit von Elektronen, welche durch weiche Röntgenstrahlen erzeugt werden." Phys. Zeitschr., 1910, Bd. 12, S. 705, Ref.: Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr., Bd. XVI, Heft 1, Seite 74.

117) von Seuffert, „Zur Frage der Tiefenbestrahlung von Karzinomen mittels Röntgenmaschinen." Münch. med. Wochenschr., Nr. 19, 1915.

118) von Seuffert, „Eine Methode zur quantitativen und qualitativen Messung von Röntgenstrahlen."

119) Sommer, „Röntgenstrahlenmeßmethoden." Schweizer Korrespondenzblatt, 1906, Nr. 11, Ref.: L.-B. d. Deutschen med. Woch., 1906, Nr. 24, S. 971.

120) Szilard, „Ein absolutes Maß für die biologische Wirkung der Röntgen- und Gammastrahlen." Strahlentherapie, Bd. 5, Heft 1.

121) Szilard, „Appareil pour la mesure de la quantité de rayons X." Intern. Kongr. für Radiumforschung und Elektrologie, Brüssel, Sept. 1910, Ref.: Zeitschr. f. Röntgenkunde und Radiumforschung, 1911, Bd. XIII, Heft 1.

122) Schilling, „Ein einfacher Härtegradmesser." Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr., Bd. IX, Heft 5, S. 312.

123) Schmidt, „Zur Dosierung in der Röntgentherapie." Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr., Bd. XXII, Heft 4.

124) Schönfeld, „Tiefentherapie mit Hochspannungsgleichrichter." Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr., Bd. XXII, Heft 4.

125) Schwarz, „Das Kalomelradiometer." Strahlentherapie, Bd. I, Nr. 1.

126) Trapesnikow, „Über die Wirkung der Röntgenstrahlen auf flüssige Dielektrika". Dissertation, Zürich 1913.

127) Voller und Walter, „Durchlässigkeit verschiedener Körper für X-Strahlen." Zeitschrift f. angewandte Chemie, 1897, H. 15.

128) Villard, „Instrumente for direct measurement of the X Rays." Röntgen Ray, 1909, XIV, Nr. 110, p. 107.

129) Voltz, „Die Erzeugung durchdringungsfähiger Röntgenstrahlen." Strahlentherapie, Bd. VI, S. 371 u. f.

130) Voltz, „Über die Verwendbarkeit des Selens zu Röntgenstrahlenenergiemessungen." Phys Zeitschrift, 1915, Heft 11.

131) Voltz-Janus, „Eine Methode zur Darstellung der Stromkurven hochgespannter Ströme." Phys. Zeitschrift, Bd. 16, H. 7.

132) Voltz, „Über die Verwendbarkeit des Selens zu Röntgenstrahlenenergiemessungen." Phys. Zeitschrift, Bd. 16, Nr. 17.

133) Voltz, „Zur Frage der Härtemessung der Röntgenstrahlen auf photographischem Wege." Phys. Zeitschrift, Bd. 16, Nr. 17.

134) Voltz-Janus, „Entladungskurven hochgespannter Ströme." Phys. Zeitschrift, 1915, H. 11.

135) Voltz, „Röntgenstrahlenmeßeinrichtungen und deren Vergleich." Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr., Bd. XXIII, H. 6.

136) Walter, „Die Messung der Härte der Röntgenröhre." Die Röntgentechnik, 4. Auflage.
137) Weigl, „Verfahren zur Herstellung zweier genau gleicher Selenzellen." D. R. P. 38644 vom 26. August 1912.
138) Weigl, „Verfahren zur Beseitigung der Trägheit der Selenzellen." D. R P. 47621 vom 25. Dezember 1912.
139) Wertheim-Salomonson, „Funkenlänge und Röntgen-Lichtintensität." Zeitschrift für Elektrotherapie, 1905, H. 10, S. 190.
140) Wertheim-Salomonson, „Intensitätsmessung der Röntgenstrahlen." Verhandlungen d. Deutsch. Röntgenges., 1907, Bd. III, S. 15.
141) Wertheim-Salomonson, „Milliampèremeter und Röntgenlicht." Arch. of the Röntgen Ray, 1911, Nr. 130, p. 455; Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr., Bd. XVI, Heft 4, S. 291.
142) Wertheim-Salomonson, „Die Wirkung der Röntgenstrahlen auf Selenzellen." Verhandlungen d. Deutsch. Röntgenges., 1907, Bd. II, S. 97.
143) Wetterer, „Handbuch der Röntgentherapie."
144) Whiddington, Proc. Roy. Soc, 85, p. 323, 1911.
145) Wien, „Über die Energie der Kathodenstrahlen im Verhältnis zur Energie der Röntgen- und Sekundärstrahlen." Ann. d. Physik, 1905, 4. Folge, Bd. 18, S. 991.
146) Winawer, „Versuche mit sehr harten X-Strahlen." Phys. Zeitschrift, Bd. 15, S. 942 u. f.
147) Winawer, „Die günstige Entladungsform der Röntgenapparate." Phys. Zeitschrift, Bd. 16, Nr. 21.

Beiträge zur Methodik der Röntgenographie.

Von

A. Hasselwander.

II. Die Stereoröntgenogrammetrie (Stereoskiagraphie, Stereoskiaplastik).

Schon in dem ersten dieser Beiträge[1]) zur Methodik der Röntgenographie war ich (S. 367 und 371) zu dem Ergebnis gekommen, daß eine restlos befriedigende Darstellung der Form, Lage und Größe von Körpern durch die Röntgenstrahlen nur durch die Übertragung von Methoden der Stereophotogrammetrie auf die Untersuchung von Röntgenbildern zu erhoffen sei. Studien zur Erreichung dieses Zieles waren damals schon im Gange, so daß ich schon im Jahre 1912[2]) auf der Versammlung der anatomischen Gesellschaft zu München die Richtlinien für ein derartiges Verfahren festlegen konnte. In dem gegenwärtigen Kriege habe ich einen damals gebauten Apparat, mit kleinen Modifikationen reichlichst und mit vollem Erfolge praktisch verwenden können.

In zwei kürzeren Mitteilungen habe ich dann die Apparatur, die Arbeitsmethode und ihre Verwendbarkeit dargelegt und ihren Wert gegenüber anderen Verfahren, wie sie in großer Zahl zu dem heute vordringlichen Zweck der Fremdkörperlokalisation angegeben worden sind, abgewogen[3]) u. [4]).

Einer Forderung konnte aber bisher noch nicht nachgekommen werden, und zwar einem Wunsch, den ich von Anfang an besonders dringend empfand, im Drange der Arbeit aber nicht hatte erfüllen können. Dies soll nun an dieser Stelle geschehen: Es fehlt bis jetzt noch eine kritische Untersuchung der möglichen Fehler, ihrer Entstehung, Art und Größe, und

---

[1]) A. Hasselwander, Beiträge zur Methodik der Röntgenographie. I. Die Teleröntgenographie. Fortschr. a. d. Geb. d. Röntg., Bd. XIX, 5, S. 356—372.

[2]) A. Hasselwander, Über die Methodik des Röntgenverfahrens in der Anatomie. Verh. anat. Ges., 26. Vers., 1912.

[3]) A. Hasselwander, Uber die Anwendung der Stereophotogrammetrie des Röntgenbildes in der feldärztlichen Tätigkeit. Münch. med. Woch., Feldärztl. Beilage, 1915, Nr. 44.

[4]) A. Hasselwander, Über die Anwendung und den Wert der stereoröntgengrammetrischen Methode. Münch. med. Woch., Feldärztl. Beil., 1916, Nr. 21.

daraus abgeleitet der Maßnahmen zu ihrer Vermeidung[1]). Als Abbe auf mikroskopischem Gebiet die Fehler der Methode aufwies, da stand die Miskroskopie plötzlich vor der Erkenntnis, daß sie nahezu jahrhundertelang gewissermaßen blind gegenüber einer Welt von Truggebilden ahnungslos gearbeitet hatte. Ein solches Umlernenmüssen wird uns hier nicht begegnen, wenn wir gleich zu Anfang der neuen Methode uns die Arbeit nicht verdrießen lassen, den komplizierten Strahlengängen zu folgen, die gar zu leicht bei irgendwelchen irrigen Anordnungen vielgestaltige Fehler entstehen lassen können. Die Errungenschaft wird dabei sein, daß wir alsbald sehen werden, daß es eigentlich recht einfach ist, Fehler durch Beachtung einiger weniger Richtlinien sicher zu vermeiden. Wenn wir die Kautelen kennen, welche bei der Handhabung der Methode beachtet werden müssen, gestaltet sich die Arbeit mit ihr durchaus einfach und wir dürfen uns dabei ohne alle Berechnungen oder Konstruktionen ruhig der Führung unserer Augen anvertrauen.

Ich darf vielleicht auch hier gleich betonen, daß in allen folgenden Figuren absichtlich, um die Art der möglichen Fehler möglichst eindrucksvoll zu demonstrieren, mit extremen Proportionen gearbeitet wird, so, wie sie in Wirklichkeit bei den obwaltenden Untersuchungsbedingungen und beim menschlichen Körper nie vorkommen (wie z. B. gelegentlich mit Augenabständen von der Hälfte der normalen) und daß sich deshalb die entsprechenden Fehlerresultate nur in Bruchteilen der dargestellten bewegen würden.

A. Die Theorie des stereoröntgenogrammetrischen Verfahrens.

I. Das zentralprojektivische Bild.

1. Seine Entstehung.

Zur einfacheren Verständlichkeit beginne ich mit einem allbekannten Vorgang.

Unter der Voraussetzung, daß die Lichtquelle einer Röntgenröhre eine sehr kleine Fläche ist, die wir praktisch nahezu als Punkt annehmen können, finden auf das Zustandekommen eines Röntgenbildes die Gesetze der Zentralprojektion ebenso ihre Anwendung wie für dessen Betrachtung, wo wir für das Wort Zentralprojektion ebensogut den Ausdruck Perspektive gebrauchen können. Dies soll zunächst die nebenstehende Figur 1 zeigen. Man sieht darauf, wie die von einem Punkt, dem Röhrenfokus *F*, dem Projektionszentrum der Perspektive ausgehenden Strahlen die Schatten

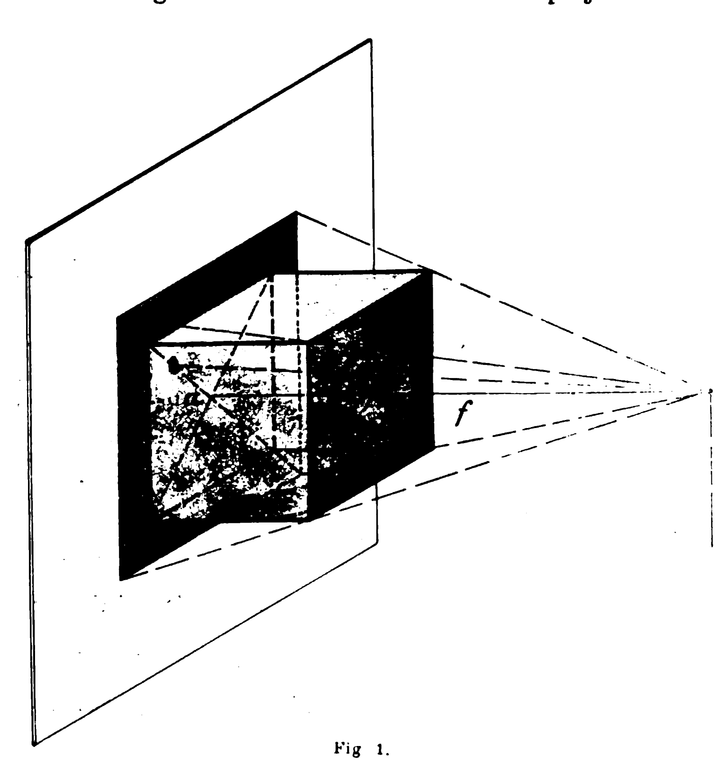


Fig. 1.

[1]) Zu meinem Bedauern war es mir an dem Orte meiner gegenwärtigen Wirksamkeit (im Felde) nicht möglich, mich in den Besitz der einschlägigen Literatur zu setzen. Erst im März 1916 nach Fertigstellung dieser Arbeit gelang es mir, Einsicht in „Albers-Schönberg, Röntgentechnik", 4. Auflage, zu nehmen, wo Drüner die einschlägigen Prinzipien erörtert. Die folgenden Ausführungen beschäftigen sich mit der — praktisch nun erprobten — Erfüllung des von ihm aufgestellten Desiderates einer Rekonstruktion des Stereobildes.

der acht Ecken eines Würfels auf eine Ebene werfen, der dieser aufliegt. Der auf diese Ebene senkrecht fallende Strahl f, in der Röntgenologie und in der Perspektive als „Normal" oder „Axenstrahl" bezeichnet, gibt uns zugleich die Entfernung der Lichtquelle an, was auch aus dem Grundriß dieses Strahlenganges, Figur 2, zu ersehen ist. Figur 3 zeigt nun das gewonnene Bild etwa so, wie es sich auf einer photographischen Platte ausnehmen würde, die von den

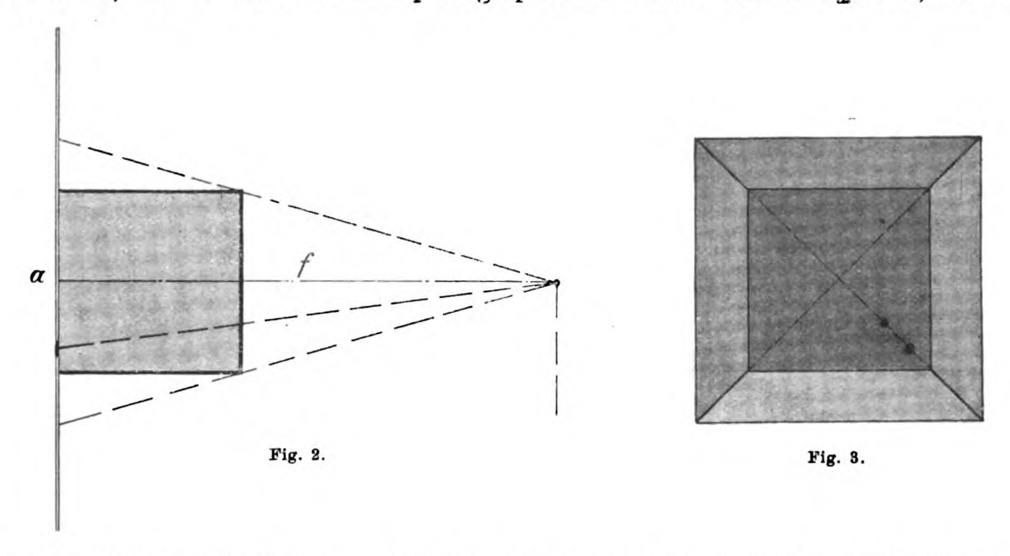


Fig. 2. Fig. 3.

durch das Objekt ungleichartig geschwächten Röntgenstrahlen belichtet worden ist. Wollte man sich den Körper zur Anschauung bringen, so müßte man, das geht dann wieder klar aus der Figur 1 hervor, den idealen Brennpunkt des Auges genau in den Abstand f, die Bildweite der Perspektive, und genau senkrecht dem Punkte A (dem Augpunkt der Perspektive) gegenüberstellen.

2. Seine Betrachtung.

Um einen später nicht unwesentlichen Faktor gleich hier zu klären, sei hier erwähnt, daß also die richtige Betrachtung einer Röntgenplatte nicht, wie es häufig geschieht, dadurch erzielt wird, daß man die Platte umdreht und von der Glasseite aus betrachtet. Dadurch bekommt man allerdings Bilder, die den Zeichnungen in anatomischen Atlanten ähneln, weil dann die rechte Körperseite des Bildes der linken des Betrachters und umgekehrt gegenüber liegt. Dies ist zur flüchtigen Orientierung vielleicht bequem, erweist sich aber bei genauerem Studium sofort als falsch. Denn man wird sich dann niemals in eine richtige Perspektive hineindenken können. Das ist vielmehr erst dann möglich, wenn man das Bild ebenso betrachtet wie gewissermaßen die Röhre, bildlich gesprochen, den Körper „angeblickt" hat. Stellt man das Auge an die Stelle des Röhrenfokus, so wird man bei einer dorsoventralen Aufnahme nur dann eine richtige Perspektive erhalten, wenn man sich vorstellt, man sehe von rückwärts (nicht von vorne, wie es meist geschieht) in den Körper hinein. Denn dann sind die vorderen Rippenenden wenig, die hinteren mehr vergrößert, gerade als stünden erstere weiter, letztere weniger weit vom Auge entfernt. Dann allerdings wird auch die rechte Körperseite der Untersuchungsperson der rechten des Untersuchers gegenüberstehen. Dies sei gleich hier festgelegt, um dann später (Seite 351) darauf fußen zu können.

3. Seine Fehler.

Fahren wir nun nach dieser kurzen Einschaltung in unserem ursprünglichen Gedankengang weiter. Das Auge nehme also genau den Platz ein, den bei der Aufnahme der Röhrenfokus inne hatte. Man glaube nun aber nicht, daß deshalb Form- und Größenverhältnisse des

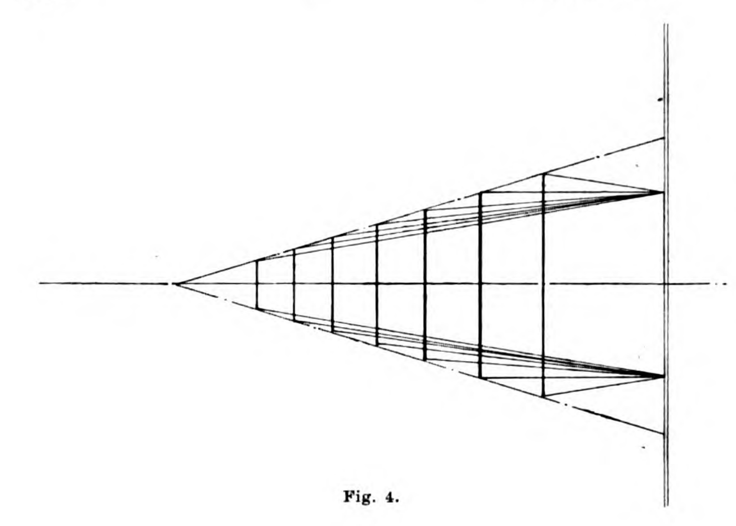


Fig. 4.

Würfels schon eindeutig bestimmt wären. Die Figur 4 zeigt, daß unter solchen Bedingungen immer noch unendlich viele Körper von größerer Höhe, wenn sie die Form abgestumpfter Pyramiden haben oder solche von geringerer Höhe und einer umgekehrt gleichen Form durchaus dieselben Schattenbilder hatten erzeugen können, also auch vom Auge in das vorliegende Bild hinein verlegt werden können.

II. Das stereoskopische Bild.

1. Seine Entstehung.

Mit einem Schlage anders aber wird das, wenn wir in einem Abstande, wie ihn unsere Augen voneinander einnehmen, zwei Röhrenlichtpunkte Bilder auf die Platte werfen lassen. (Figur 5.) Es entstehen dann zwei sich teilweise deckende Bilder auf der Platte, auf denen immer die Schatten je ein und derselben Stelle des Würfels mit zunehmendem Abstande von

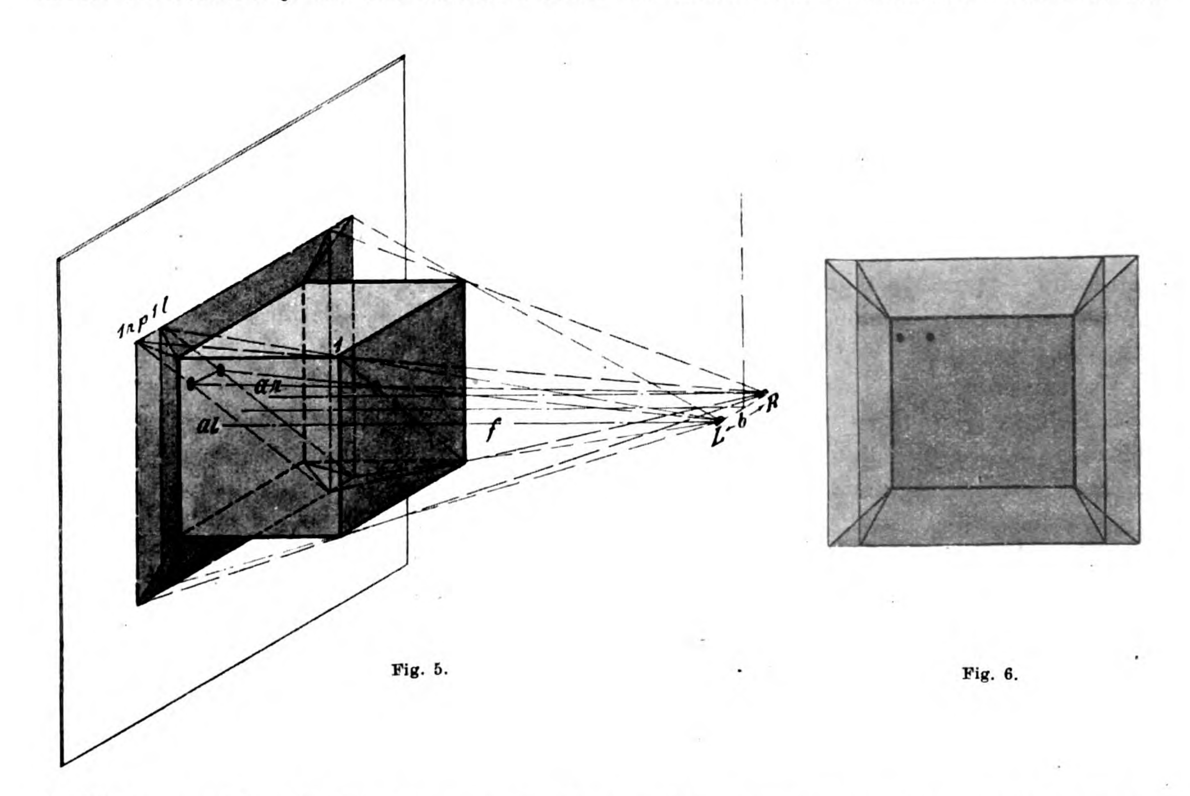


Fig. 5. Fig. 6.

der Platte um steigende Beträge gegeneinander verschoben erscheinen. Einen solchen Abstand der beiden Bilder ein und desselben Punktes nennt man die Parallaxe homologer Punkte. Wir wollen zunächst bei der einfacheren Annahme bleiben, die erwähnten zwei Bilder lägen zusammen auf einer Platte, so wie auf Figur 6.

2. Seine Betrachtung, verschiedene Stereoskopieformen, darunter das Spiegelstereoskop.

Wenn wir nun das eine z. B. grün, das andere rot nachziehen und das Bild dann mit einer auf der einen Körperseite grünen, auf der anderen roten Brille betrachten, so sieht das eine Auge nur das grüne, das andere das rote Bild, und sogleich erscheint ein plastischer Eindruck.

Wir sehen aber dann sofort, daß wir nun nicht mehr beliebig viele Körper von verschiedener Form und Größe in dieses Bild hineindenken können, sondern nur einen einzigen, dessen Ecken an den Schnittpunkten der von homologen Bildpunkten auf die Augen einfallenden Strahlen liegen, was aus dem Grundriß des Strahlenganges auf Figur 7 ohne weiteres hervorgeht. Eine der beiden Forderungen, die nämlich, daß wir uns nur mehr einen einzigen Körper durch das Bild vorstellen können, haben wir nun erfüllt. Die andere aber, daß der Körper auch wirklich dem Objekt vollständig in allen Maßen und Formen entspricht, besteht noch ungelöst weiter. Wir sehen zwar immer nur einen einzigen Körper, ob wir nun die Augen nahe oder fern der Platte gegenüberstellen, ob ihre Pupillardistanz größer oder kleiner als der Abstand der Röhrenfokuse voneinander ist, aber in jedem dieser Fälle hat das gesehene Bild wieder andere Proportionen als das Objekt. Und hier beginnen die Schwierigkeiten für die exakte stereoskopische Darstellung.

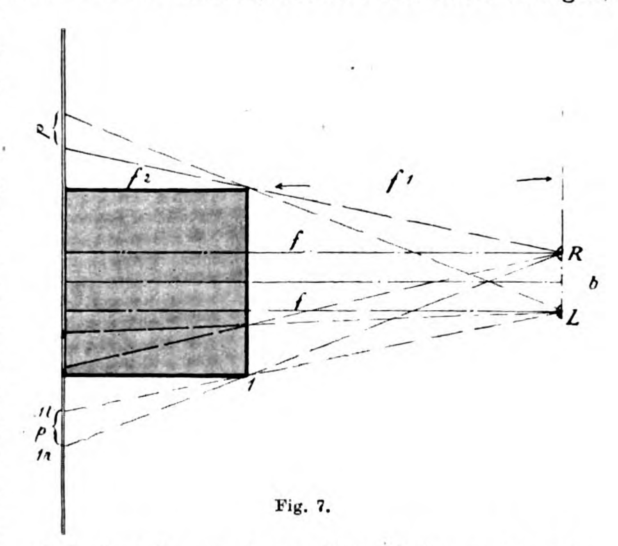


Fig. 7.

Um die entstehenden Fragen nun in möglichst einfacher Weise besprechen zu können, seien zunächst gleich hier noch einige Grundprinzipien für die Herstellung und Messung stereoskopischer Röntgenbilder besprochen. Für sie sind mehrere Anordnungsweisen möglich, die alle darauf abzielen, das rechte Bild nur dem rechten, das linke nur dem linken Auge zugänglich zu machen. Die gebräuchlichste Anordnung ist bei der Stereoskopie im allgemeinen, daß zwei Aufnahmen gemacht und diese dann in einem Linsenstereoskop betrachtet werden. Man erhält dann zwei Bilder nach Art der Figur 8, die nichts anderes sind als die Abbildung Figur 6, in ihre beiden Teilbilder zerlegt. Die Betrachtung mit dem Linsenstereoskop ist wohl angängig für kleine Plattenformate, nicht so gut aber für die großen Bilder der Röntgenographie. Da müßte man dann entweder erst verkleinerte Diapositive herstellen und damit wieder neue Fehler in Kauf nehmen, oder aber man brauchte einen komplizierten optischen Apparat nach Art des Scherenfernrohres, um so gewissermaßen künstlich einen Augenabstand zu erzielen, mit dem man sich gegenüber den Augenpunkten der beiden Röntgenogramme aufstellen könnte.

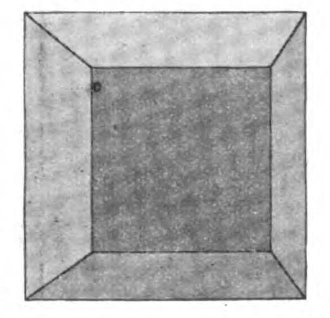
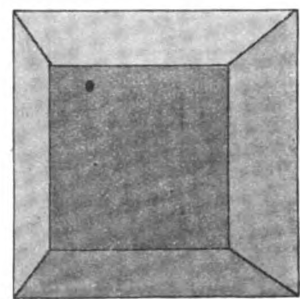



Fig. 8.

Diese Schwierigkeiten sind aber ganz einfach durch eine andere Stereoskopform zu umgehen. Das Wheatstonesche Spiegelstereoskop, Fig. 9 und 10, erlaubt das.

Der Strahlengang des letzteren.

Hier werden die beiden soeben besprochenen Bilder in der Richtung der Pfeile an den strichpunktierten Kreisbögen der Figur 10 nach dem Beschauer zu aufgeklappt, neben diesem links und rechts aufgestellt und durch zwei senkrecht stehende, aber unter einem Winkel von 45° den Bildern zugewandte Spiegel betrachtet. Nach dem Gesetz der Gleichheit von Ein- und Ausfallswinkel werden die von den Bildern her auf die Spiegel einfallenden Strahlen in das Auge des Betrachters reflektiert, und in der Verlängerung dieser Strahlen nach rückwärts erscheint hinter dem Spiegel an deren Schnittpunkten das virtuelle räumliche Bild des aufgenommenen Körpers. Die Figur 9 zeigt diesen Vorgang in parallelperspektivischer Darstellung, Figur 10 im Grundriß des Strahlenganges. Bei den folgenden Figuren mag vielleicht der Anschein eines Fehlers entstehen. Denn, wie es scheint, ist hier nicht der Abstand des Augendrehpunktes vom Spiegel mit in Rücksicht gezogen. Dieser Betrag muß praktisch bei Bemessung des Spiegelabstandes der Platten berücksichtigt, d. h. vom Fokusabstande der Platten abgezogen werden. Da es sich hier aber lediglich um eine möglichst klare und einfache Darstellung der Strahlenbrechung durch die Spiegel handelt, wurde die komplizierende Konstruktion des Strahlenweges vom Spiegel zum Auge weggelassen. Bei allen diesen Figuren ist also gewissermaßen das Auge in den Spiegel hinein verlegt.

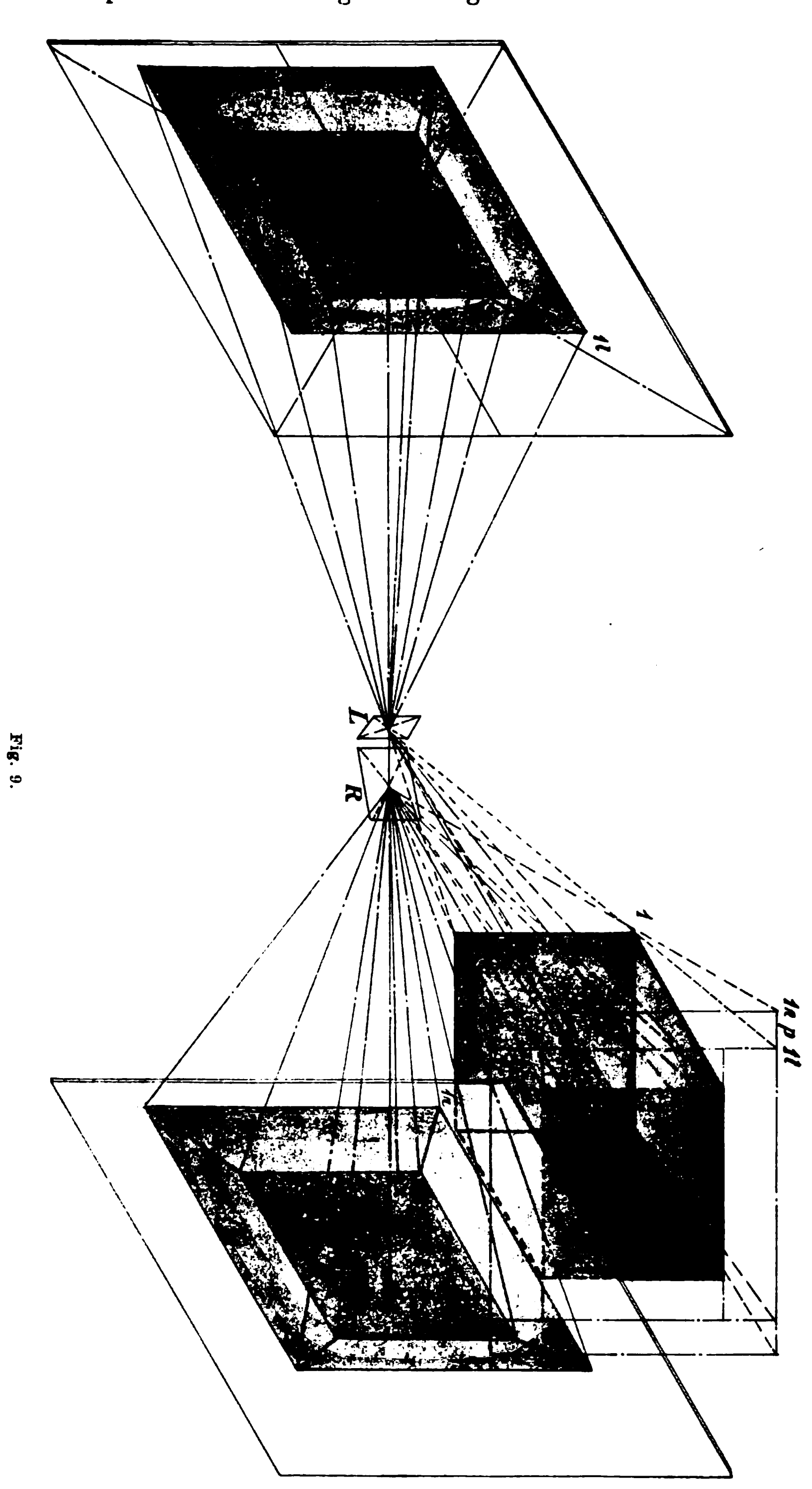


Fig. 9.

Je nach der Art wie wir die Photogramme nun in die Rahmen rechts und links vom Betrachter einsetzen, können wir sehr verschiedene Effekte erzielen.

Richtige Stereoskopie.

Zunächst stehe wie oben schon gesagt das von dem rechten Röhrenfokus aus gewonnene photographische Bild rechts (s. Fig. 5, 8, 9, 10 r.) vom Beschauer und wende ihm die Glasseite der Platte zu. Würde er dieses Bild ohne Zuhilfenahme des Spiegels betrachten, so sähe er ein seitenverkehrtes Bild nach den Darlegungen auf Seite 347. Durch die Umkehrung im Spiegel werden aber die Seiten wieder an die richtige Stelle gebracht, so daß also ein seitenrichtiges, räumliches, virtuelles Bild vor dem Beschauer erscheint; gerade so, als ob er sich über den Tisch neigte und von oben her etwa seinen Patienten betrachtete, so liegt jetzt die ganze Erscheinung in seiner, allerdings nunmehr horizontalen Blickrichtung.

Denselben Strahlengang wie auf Figur 10 könnten wir uns nur noch erzeugen, wenn wir die rechte und linke Platte so vertauschen, daß die rechte Platte von links die linke von rechts

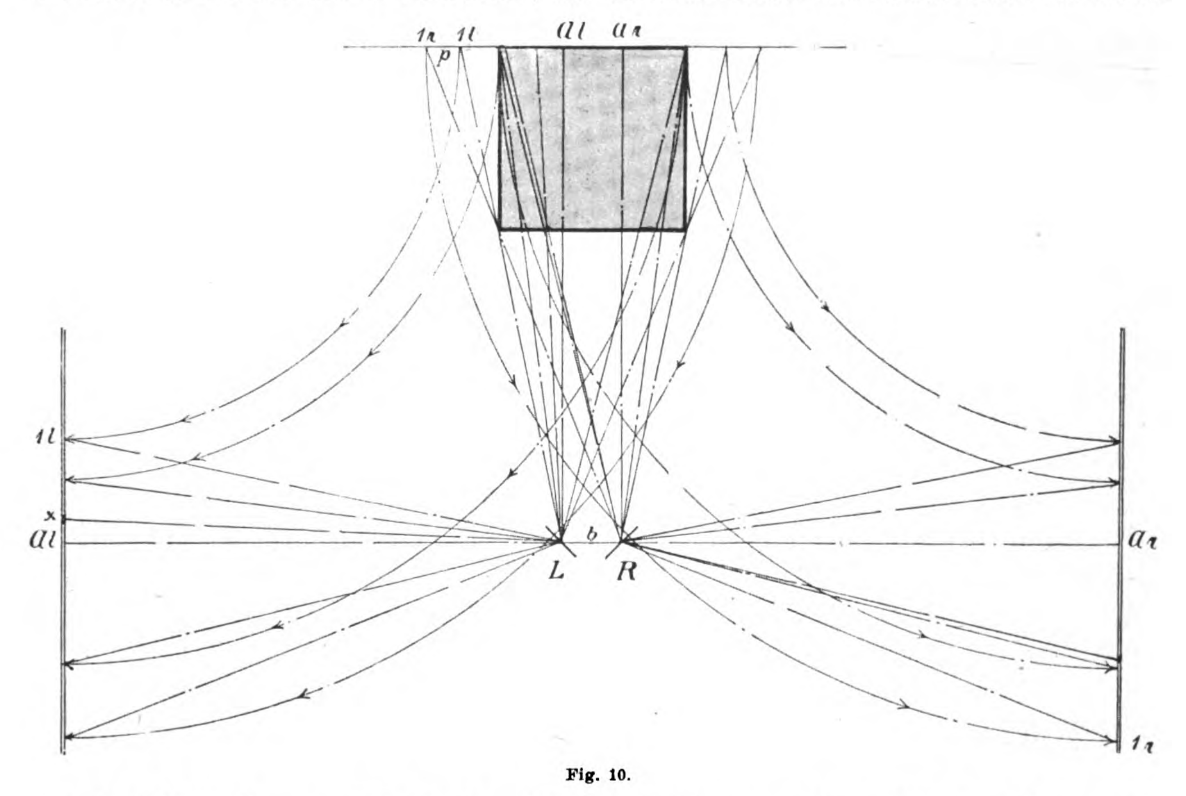


Fig. 10.

aus die Schichtseite zuwendet. Im Grundriß des Strahlenganges ist es dasselbe, wie wenn wir die Figur 10, auf Pauspapier gezeichnet, von der Rückseite aus ansehen würden. Auch dann liegt der Körper in derselben Stellung vor den Augen des Betrachters. Aber die Seiten sind nun ganz natürlicherweise vertauscht, rechts ist links geworden und umgekehrt. Gleichwohl empfehle ich diese Betrachtungsweise, weil damit das lästige Spiegeln der Glasseiten wegfällt und Zeichnungen auf Pauspapier einfach umgekehrt zu werden brauchen, um sogleich wieder seitenrichtige Bilder zu liefern.

Umgekehrte Stereoskopie und Seitenvertauschung.

Wie wird es nun aber, wenn wir die rechte und die linke Platte zwar an ihren Stellen belassen, aber drehen, so daß sie uns nun die Schichtseite zuwenden? Nun entsteht ein ganz falscher Effekt, eine umgekehrte und zugleich verzerrte Stereoskopie, Fig. 11. Die Seiten sind zwar noch immer richtig, aber das Objekt scheint uns jetzt hinter der Fläche des Tisches zu liegen und wenn z. B. eine mit der Hohlfläche auf dem Tisch liegende Hand aufgenommen worden ist, wendet sie uns nun die Hohlhand zu, gerade als betrachteten wir sie von unten

her durch den Tisch hindurch. Maße und Form sind sehr stark verändert, denn das Nahegelegene ist klein, das Ferne groß. Zu einer Messung dürfte also solch ein Bild nie verwendet werden. Aber merkwürdigerweise empfinden wir das umgekehrte dieser Stereoskopie bei Betrachtung von Bildern aus dem Gebiet des menschlichen Körpers durchaus nicht so störend als man vielleicht nach dem außerordentlich störenden Eindruck falscher Stereoskopie im Bilde eines geometrischen Körpers wie eines Würfels, schließlich auch eines Gebäudes erwarten möchte. Im Gegenteil, als subjektiver Eindruck ist auch diese umgekehrte Stereoskopie zuweilen geradezu wertvoll, was auch Drüner betont. Denn sie zeigt den Körper von der entgegengesetzten Seite aus gesehen und manche Lagebeziehungen fallen erst dann auf. Wenn man auch sie einmal beim Studium eines Falles verwendet, treten nicht selten Formen klar zutage, die vorerst bei der Betrachtung gewissermaßen von der anderen Seite her entgangen sind. Vertauscht man nun endlich, als vierte Möglichkeit, noch die Platten, daß die rechte links, die linke rechts vom Betrachter steht und ihm ihre Glasseite zuwendet, so ist nicht nur die Stereoskopie falsch, sondern auch die Seiten sind verkehrt.

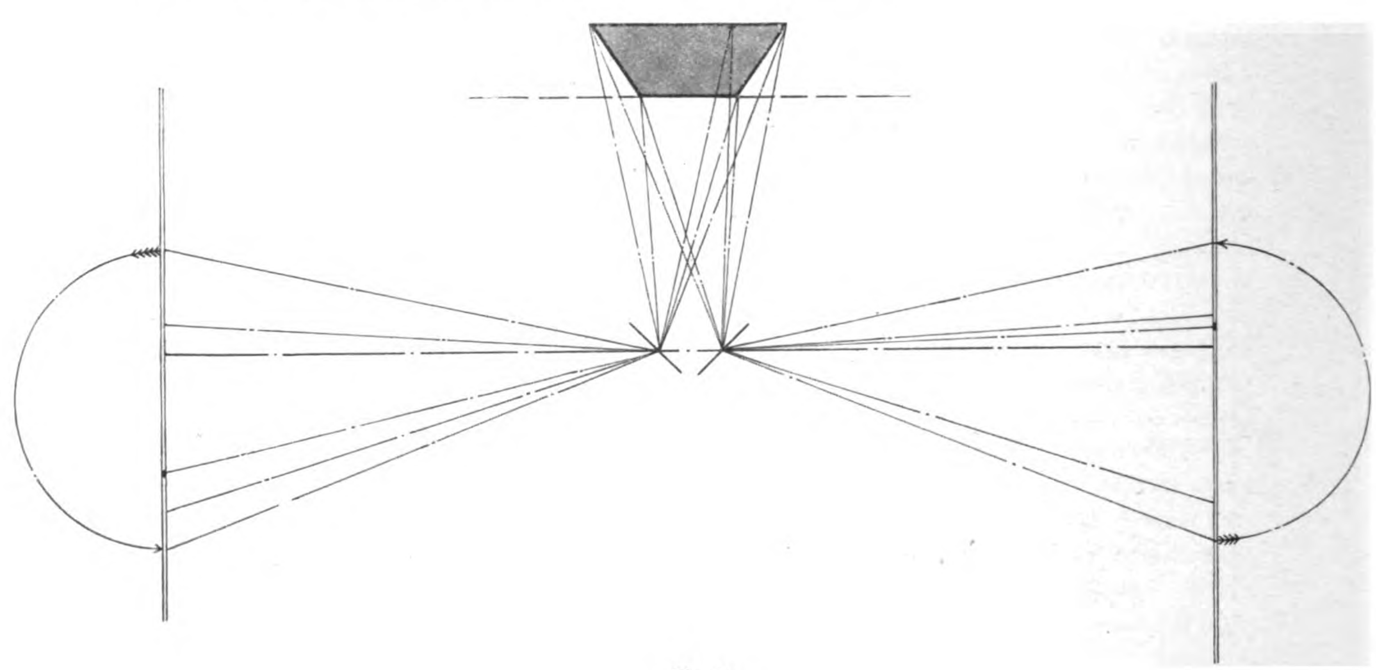


Fig. 11.

Diese vier Möglichkeiten habe ich der Übersichtlichkeit halber auf folgender kleinen Tabelle zusammengestellt:

	Rechte Platte rechts Linke „ links	Rechte Platte links Linke „ rechts
Glasseite zugewendet	Stereoskopie richtig Seiten richtig	Stereoskopie falsch Seiten verkehrt
Schichtseite zugewendet	Stereoskopie falsch Seiten richtig	Stereoskopie richtig Seiten verkehrt

Bemerkt sei dazu noch, daß man auch dadurch, daß man das Oberende der Platten nach unten bringt und dann allenfalls noch die rechte nach links bringt, die nämlichen vier Effekte erzielen kann, was gelegentlich bei Hand- und Fußaufnahmen durch Versehen vorkommen kann, aber natürlich ohne weiteres bemerkt wird.

3. Seine Formel.

Aus dem Grundriß des Strahlenganges, Figur 10, läßt sich auch die Formel ableiten, die hier das Geschehen beherrscht. Die Figur zeigt einmal, daß die Summe der unbekannten Größen f_1 und f_2, des Röhren- und des Plattenabstandes eines bestimmten Punktes gleich ist der Entfernung von Röhre und Platte (f). Es ergibt sich eine erste Formel mit zwei Unbekannten

$$f = f_1 + f_2.$$

Ferner geht aus der Ähnlichkeit von Dreiecken hervor, daß sich die obengenannten zwei unbekannten Größen f_2 und f_1 verhalten wie die Parallaxe p zu dem Augenabstande, dem Abstande der Röhrenfokuse, der „Basis b", also

$$f_2 : f_1 = p : b.$$

Aus diesen zwei Gleichungen läßt sich der Wert von f_2, also die Tiefenlage eines Raumpunktes ermitteln,

$$f_2 = f : \left(1 + \frac{b}{p}\right).$$

4. Seine Fehler.

Wenden wir uns nun der Analyse der Fehlermöglichkeiten des Stereoskopbildes zu. Aus dem, was bisher über das Zustandekommen eines richtigen stereoskopischen Röntgenogrammes gesagt und in den Figuren 5 und 7, 9 und 10 illustriert worden ist, kann folgendes als die dazu erforderlichen Bedingungen zusammengefaßt werden:

1. Die Basis, d. h. der Abstand der beiden Röhrenfokuse bei der Aufnahme muß gleich sein der Basis bei der Betrachtung, d. h. dem Abstand der beiden Augen oder der sie vertretenden optischen Einrichtungen.
2. Die Bildweite muß bei der Aufnahme und bei der Betrachtung gleich sein, d. h. Fokus-Plattenabstand = Augen-Plattenabstand.
3. Eine Gerade vom Auge des Betrachters zum Fußpunkt des Achsenstrahles auf der Platte muß ein Lot auf dieser sein.

Bleibt eine dieser Bedingungen unerfüllt, so entstehen Fehler. Von dem einzigen richtigen Ort und der einzigen richtigen Stellung könnten die Spiegel oder die Platten verschoben sein

durch Ortsbewegungen in einer der drei Dimensionen

1. in der Richtung der optischen Achse,
2. dazu senkrecht in vertikaler,
3. dazu rechtwinkelig in horizontaler Richtung oder in Kombinationen dieser

durch Drehungen

1. um die optische oder eine dazu parallele Achse,
2. um eine dazu rechtwinkelige vertikale,
3. um eine dazu rechtwinkelige horizontale Ache oder Kombinationen.

Bei den so entstehenden Fehlern ist nun zunächst zu prüfen, ob sie derartig sind, daß sie ohne weiteres bemerkt werden; in diesem Falle könnten sie für diese Betrachtung ausscheiden. Tatsächlich trifft dies für die Fehler der zweiten Gruppe zu; denn es kann weiterhin (S. 360, 363 u. 364) gezeigt werden, daß wir durch geeignet angebrachte Marken prüfen können, ob sich die beiden Platten im richtigen Abstand und der richtigen Stellung des Stereoskopbildes decken. Bei Verdrehungen tritt aber sofort die Unmöglichkeit einer solchen Deckung ein und darum dürfen wir diese Fehlergruppe übergehen.

Anders aber verhält es sich, wenn, wie bei den Fehlern der ersten Gruppe, eine Deckung der beiden Teilbilder zum Stereoskopbild möglich, dieses selbst aber in sich falsch ist. Solche Fehler sind wesentlich schwerer zu fassen und können nur dadurch beherrscht werden, daß

wir zugleich mit dem Untersuchungsobjekt einen Körper von bekannter Größe aufnehmen, dessen allenfallsige Verzeichnungen im Stereoskopbild uns auf den bestehenden Fehler aufmerksam machen (S. 366) und veranlassen, eine Kontrolle über die Einhaltung der drei Grundbedingungen vorzunehmen.

Wir betrachten diese Fehlergruppe nun am besten von den genannten drei Gesichtspunkten, der Größe der Basis, der Bildweite und der Lage des Achsenstrahles aus.

Fig. 12.

a) Durch falsche Basis.

Was entsteht nun, wenn die erste Bedingung nicht eingehalten wird? Der Fall, welcher dann eintritt, wenn die Aufnahme unter einer Fokusverschiebung um den Betrag eines mittleren Augenabstandes erfolgt ist und daraufhin ein Betrachter mit geringerer Pupillendistanz durch die Spiegel des Stereoskopes sieht, ist in einer allerdings absichtlich sehr extremen Weise in den Figuren 12 und 13 dargestellt, etwa so, als ob der Untersucher nur etwa 3 cm Augenabstand besäße, ein ganz unmöglicher Fall, der aber den entstehenden Fehler in grotesker Weise hervortreten läßt. Es zeigt sich nämlich, daß nun statt des Würfels ein ganz anderer Körper, nämlich eine abgestumpfte Pyramide von bedeutend größerer Höhe bei der Rekonstruktion entsteht. Denn die Strahlen schneiden sich nunmehr nur in der Entfernung der Plattenebene vom Auge noch unter denselben Winkeln wie bei der Aufnahme (sie ist die einzige noch richtig dargestellte Ebene), in allen anderen Ebenen aber unter anderen Winkeln als dort, so daß andere Tiefenwerte entstehen und damit auch die Maße in der Queren- und Höhendimension anders ausfallen, als sie bei der Aufnahme waren.

Auch rechnerisch können wir dies beweisen: Wenn im ersten Falle der Fokusabstand von der Platte $f = 500$ mm, dessen Verschiebung bei der Aufnahme $b = 100$ mm betragen hat und die Tiefenlage eines Raumpunktes eine Parallaxe von 25 mm $p = 25$ mm hervorgerufen hat, so gestaltet sich der Tiefenwert dieses Punktes unter denselben Verhältnissen bei der Betrachtung nach der Formel $f_2 = f : \left(1 + \frac{b}{p}\right)$ folgendermaßen:

$$f_2 = 500 : \left(1 + \frac{100}{25}\right) = 100.$$

Machten wir aber die Messung mit einem Augenabstand von nur 5 cm ($b = 50$ mm) so würde nach derselben Formel $f_2 = 166{,}6$ mm, also, statt 10 cm, 16 cm.

In umgekehrter Form, aber nach demselben Prinzip entstünden gleichfalls schwere Fehler, wenn wir die Messung mit einer im gleichen Verhältnis vergrößerten Basis, also etwa mit 20 mm

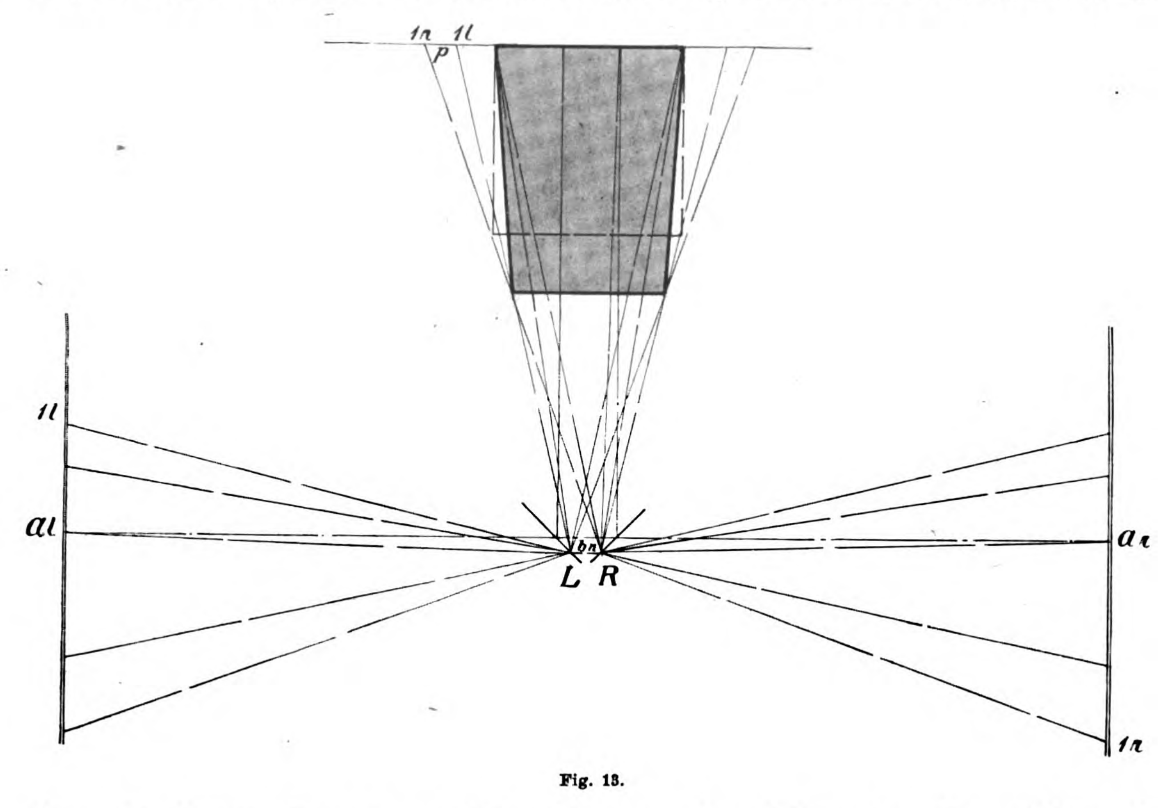


Fig. 13.

Augenabstand statt mit 10 mm anstellen wollten, so, wie auf Figur 14 und 15 wiederum in parallelperspektivischer Darstellung und im Grundriß des Strahlenganges für denselben Würfel dargestellt ist.

b) Durch falsche Bildweite.

Dieselben Figuren sind nun auch verwendbar, um die Fehler zu zeigen, welche durch die Nichtbeachtung der zweiten Forderung entstehen. Nahezu genau derselbe Effekt wie der der Figur 12 und 13 tritt ein, wenn wir die Aufnahmen zwar mit derselben Augendistanz, aber unter einem vergrößerten Plattenabstand betrachten. Eine Änderung von f von 500 mm auf 833 mm bewirkt bei gleichbleibender Parallaxe $p = 25$ mm und Basis $b = 100$ folgende Änderung des Tiefenwertes

$$f_2 = f \cdot \left(1 + \frac{b}{p}\right)$$
$$f_2 = 833 : (1 + 4)$$
$$f_2 = 166{,}6.$$

Aus dem bisher gesagten drängt sich nun der Gedanke auf, daß also offenbar die Vergrößerung der Basis zu der des Plattenabstandes und die Verkleinerung der ersteren zu der der letzteren in einem ganz bestimmten Verhältnis stehen müsse und man somit einen Fehler der einen durch eine Veränderung der anderen ohne weiteres ausgleichen könne. Dies trifft auch bis zu einem gewissen Grade zu. Denn es läßt sich ohne weiteres nach der Grundformel

$$f_2 = f:\left(1+\frac{b}{p}\right)$$

eine Veränderung von b oder von f in ihrer Wirkung auf die übrigen Größen der Gleichung feststellen. Denn wenn wir unter gleich bleibenden p und f_2 den Augenabstand, die „Basis" b auf b^n verändert so ändert sich auch f und es wird dann das neue

$$f^* = f\cdot\frac{p+b_n}{p+b}.$$

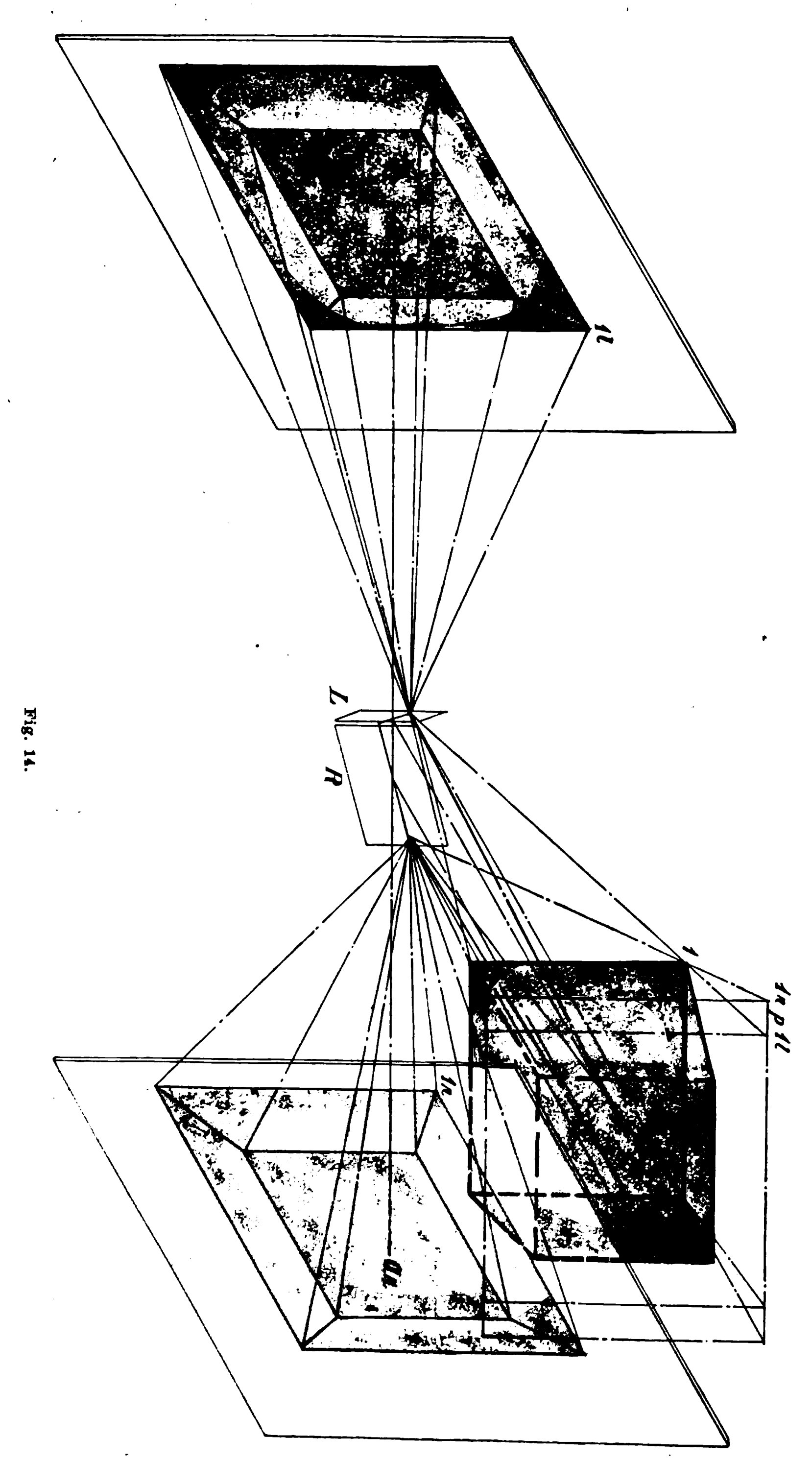


Fig. 14.

Die Figur 16 zeigt im Vergleich mit der Ausgangsfigur 10, daß hier trotz der Betrachtung durch einen engeren Augenabstand dieselben Platten wieder dieselbe Tiefe des Körpers im Bilde ergeben, wenn der Plattenabstand der Formel entsprechend verringert ist. Aber sie zeigt auch, daß dieser Körper im Bilde nun eine gewisse Deformation in seiner Breite hat und Berechnungen würden auch aufweisen, daß im Inneren Verschiebungen stattgefunden haben.

Es geht also daraus hervor, daß eine absolute Kongruenz von Bild und Objekt nur durch die vollkommene Gleichheit der Untersuchungs- und Aufnahmedistanzen erzielt wird. Zu diesem Zweck ist sicher ein wertvolles Hilfsmittel, mit stets gleichbleibendem Spiegelabstand zu arbeiten und durch ein vorgesetztes verschiebliches Okularpaar den Augenabstand individuell anzupassen, so wie etwa beim Scherenfernrohr. Eine solche Einrichtung konnte ich aber bisher der kom-

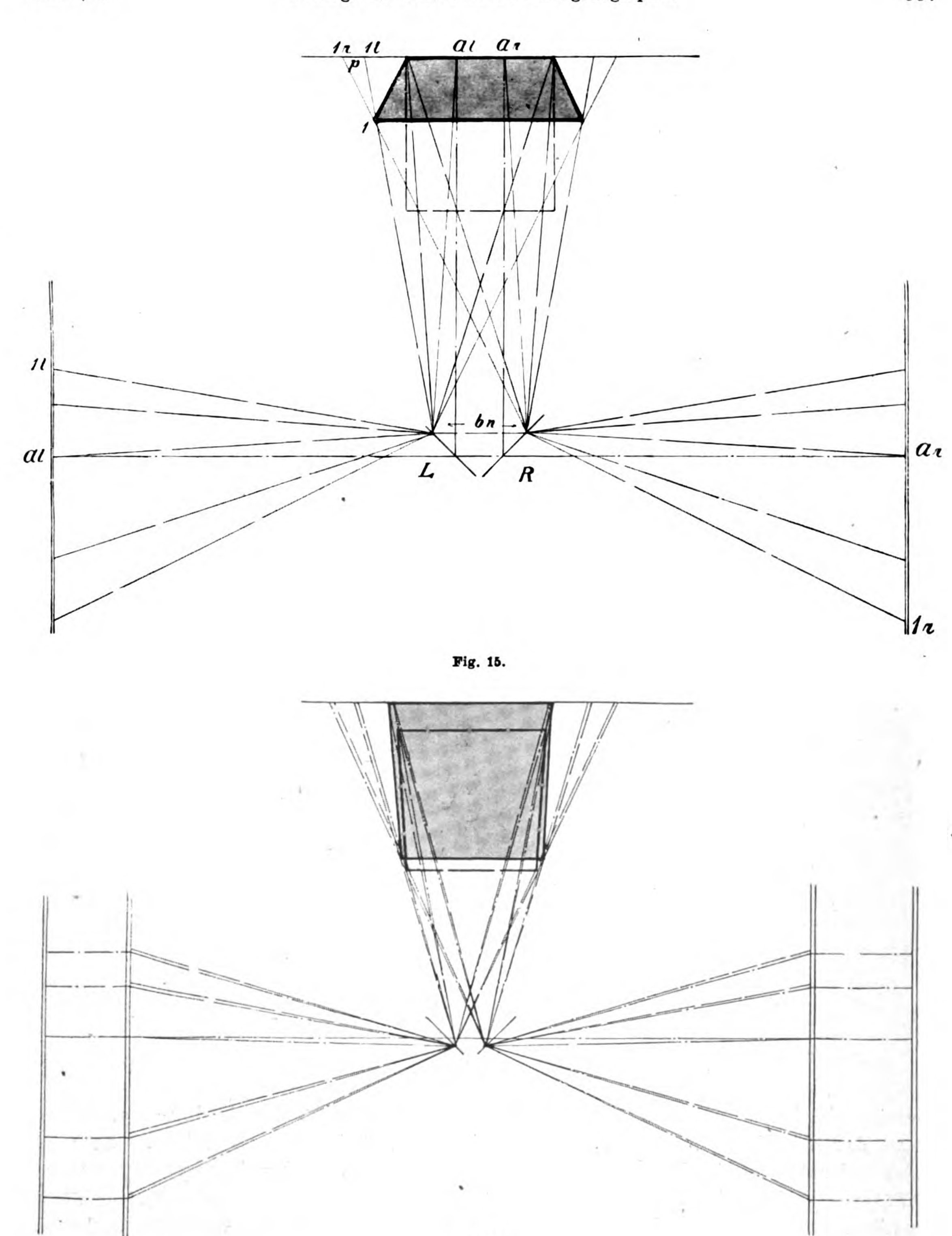


Fig. 15.

Fig. 16.

plizierten und kostspieligen Herstellung halber noch nicht verwenden. Eine solche Vorrichtung wird jedoch auch nur für anatomische und physiologische Zwecke benötigt, und auch da nur, wo man die Apparatur ganz vom Augenabstand der Untersucher unabhängig machen will.

Für alle anderen Bedingungen sind im allgemeinen exakte Bestimmungen und ausreichende Resultate zu erzielen wenn

1. der Untersucher darauf sieht, daß die Röhrenverschiebung seinem individuellen Augenabstande entspricht,

2. von Zeit zu Zeit die Übereinstimmung des Abstandes und der Stellung bei der Betrachtung und bei der Aufnahme kontrolliert wird.

c) Durch falsche Stellung des Achsenstrahles.

Nachdem wir nun die Beziehungen zwischen den durch Unstimmigkeit der Augen- und Plattendistanz erzeugten Fehlern geklärt und die Möglichkeiten einer allenfallsigen Korrektion erwogen haben, bleibt noch die dritte Frage: Was geschieht, wenn wir bei der Betrachtung der Platten unsere Augen nicht genau gegenüber den Augpunkten der Bilder einstellen? Was dann geschieht veranschaulicht an einem Beispiel die Figur 17, welche wiederum an besonders extremen Verstellungen zeigen soll, daß zwar auch da eine Stereoskopie entsteht,

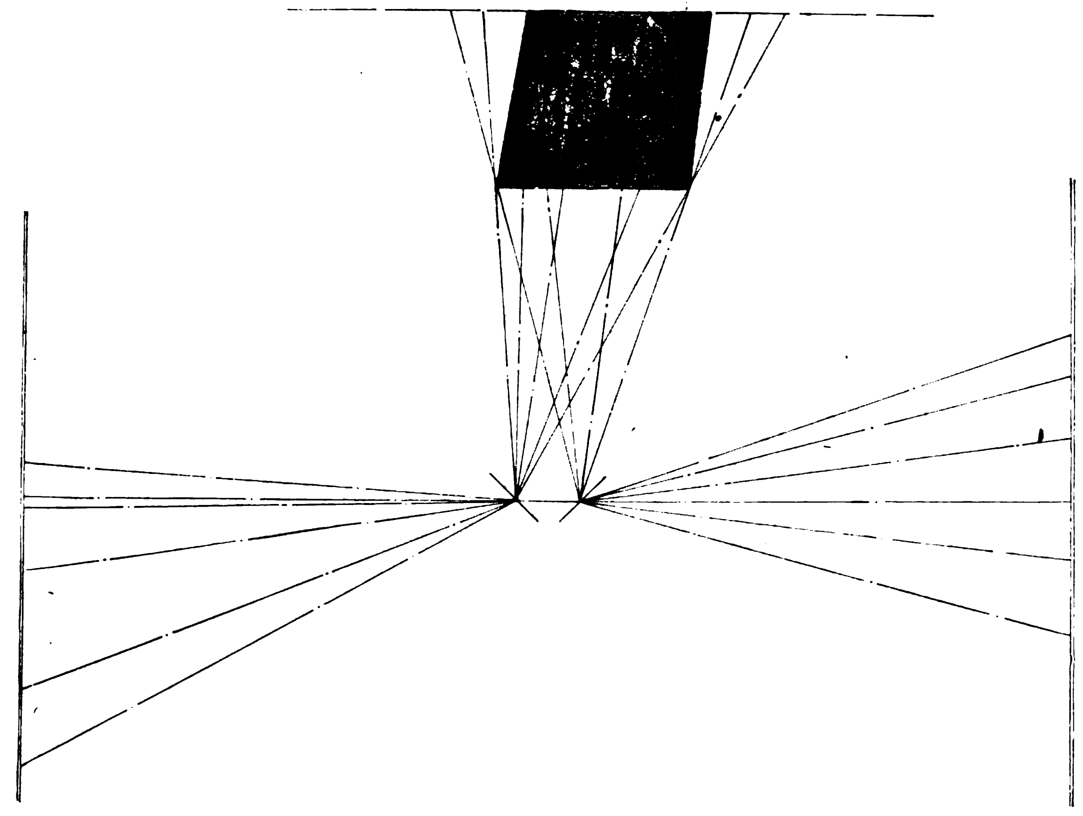


Fig. 17.

die aber ein deformiertes Bild ergibt. Denken wir uns, zunächst wäre die linke Platte zu weit gegen den Betrachter nach vorne gerückt worden, so daß der Normalstrahl statt unter 45°, unter 60° auf den Spiegel fällt. Er war unter demselben Winkel reflektiert, die „virtuelle“ Verlängerung hinter den Spiegel steht schief. Wir sind jetzt gezwungen die rechte Platte um denselben Betrag in der Richtung vom Betrachter weg zu verschieben, wenn wir wollen, daß die Aufliegefläche des darzustellenden Würfels in dieselbe Entfernung zu liegen kommt wie sie bei der Aufnahme war. Dadurch stehen dann die beiden reflektierten „Normalstrahlen“ schräg, und zwar gleichfalls wieder 60° zu den Spiegeln, mit ihnen natürlich auch alle anderen Strahlen, und es entsteht das Bild eines schräg stehenden Körpers mit parallelogrammartigem, anstatt quadratischem Grundriß. Es geht also daraus hervor, daß auch dafür Sorge getragen werden muß, daß, ebenso wie es bei der Aufnahme war, bei der Betrachtung der Reflexions-

punkt des Axenstrahles ebenso zur Platte stehen muß wie der Röhrenfokus bei der Aufnahme.

5. Seine Messung. Theorie des Stereoplanigraphen.

Hier ist in der von dem kanadischen Topographen Deville zum ersten Male für Geländemessungen gebrauchten Apparat, dem „Stereoplanigraphen" (Deville-Pulfrich) das Vorbild gegeben. Wir brauchen lediglich, wie er tat, statt gewöhnlicher Spiegel nur ganz schwach versilberte, also transparente Flächen zu verwenden, so, wie sie gleichfalls schon vorher für gewisse andere optische Instrumente angewendet worden sind, und wir sind auf einmal in der Lage, sozusagen hinter die Spiegel zu greifen, und, wenn wir dazu geeignete Vorrichtungen wählen, damit in dem Stereoskopbild herumzufahren, es auszumessen, aufzuzeichnen od. dgl. Eine solche Einrichtung hatte schon der Stereoplanigraph. Am vorteilhaftesten schien mir dazu, wie dort, ein kleines Lichtpünktchen zu verwenden, das man dann unter Führung der Augen an alle Stellen des gleichzeitig gesehenen plastischen Spiegelbildes führen kann, und dabei ganz automatisch an die Schnittpunkte der Strahlen bringt[1]).

B. Die praktische Ausführung.

Nachdem wir uns nun so in Kürze theoretisch die Richtlinien für eine Anwendung des stereoskopischen Meßverfahrens auf die zentralprojektivischen Bilder der Röntgenographie vor Augen geführt haben, fragen wir uns, ob denn auch in einer einfachen und doch sicher arbeitenden Weise ihre praktische Anwendung verwirklicht werden kann.

I. Der Aufnahmeapparat.

1. Die Konstruktion.

Die Apparatur besteht in einer Aufnahme- und einer Meßvorrichtung. Für die erstere galt es den zwei Forderungen gerecht zu werden, daß uns der Abstand der beiden Lichtquellen voneinander und von der photographischen Platte stets genau bekannt ist um ihn im Meßapparat wieder ebenso nachahmen zu können, wenn wir die Spiegel den Platten gegenüber aufstellen. Dem stand eine Schwierigkeit darin gegenüber, daß an einer Röntgenröhre die Lage des Fokus eigentlich unbekannt ist. Wenn man also mit einer sogenannten Stereoröhre, einer Röhre mit zwei Antikathoden arbeiten würde, hätte man es damit schon mit Unbekannten zu tun. Die galt es also auszuschalten. Die eine, der Abstand beider Lichtquellen voneinander, wird sogleich bekannt, wenn wir nur eine einzige Antikathode verwenden und diese dann um einen vorher festgesetzten Betrag, z. B. 6,5 cm, parallel der Platte verschieben. Das früher schon geübte Verfahren der Röhrenverschiebung ist also das für eine Messung exakte, und gestattet auch die fragliche Distanz willkürlich, etwa unserem individuellen Augenabstand entsprechend, zu wählen. Die andere Unbekannte ist der Abstand der Lichtquelle von der Platte. Eben deswegen, weil die Stelle nicht genau bekannt ist, welche die Strahlung aussendet, ist es auch nicht möglich ihre Plattendistanz zu messen. Diese Schwierigkeit kann man aber umgehen, wenn man aus der Schattenvergrößerung bekannter Körper den Lichtquellenabstand rückschließend ermittelt. Zu diesem Zwecke braucht man lediglich einmal, und zwar wenn man eine neue Röhre in den Aufnahmeapparat einsetzt, mit dem ersten Bild auch einen geometrischen Körper, z. B. einen Metallwürfel von bekannter Höhe, mitzuphotographieren. Dann ist nach einer Formel, welche im ersten dieser Beiträge (Fortschritte a. d. Gebiete d. Röntgenstrahlen, Bd. XIX) eine Hauptrolle gespielt hat, ohne weiteres der Lichtquellenabstand zu ermitteln, der

[1]) Dies ist übrigens nicht der einzig mögliche Weg. Denn wir könnten auch an jede Platte eine Marke heranbringen und mit deren planmäßigen Bewegungen das ganze Raumbild durchfahren wie beim Stereokomparator und ähnlichen Einrichtungen.

nachher bei der Messung wieder als Abstand des Augendrehpunktes von der Platte zu figurieren hat. Um ein Übriges zu tun, kann man ja von Zeit zu Zeit diesen Lichtquellenabstand durch eine neue Kontrollaufnahme nachkontrollieren und so nachsehen, ob nicht die Röhre verschoben worden ist, oder durch „Arbeiten“ des hölzernen Gestelles etwa ein Fehler entstanden ist. Die dritte Unbekannte ist die Lage des Augpunktes, bzw. des Fußpunktes des Achsenstrahles auf der Platte. Ihre Aufsuchung gestattet in vorzüglicher Weise Gillets Centrifixator, den ich neuerdings meinen früheren Einrichtungen für diesen Zweck vorziehe, nämlich schattenwerfenden, senkrecht stehenden Metallstäbchen oder -würfeln, deren Schatten in der Verlängerung sich am Augpunkt schneiden.

Nach Lösung dieser Vorfragen ist die Konstruktion des Aufnahmeapparates nurmehr eine rein technisch praktische Aufgabe. Der Aufnahmekasten ist nichts anderes als eine höchst primitive Wechselkassette, über der die Röhre in einem bestimmten Abstand um jeden vorher feststellbaren Betrag parallel zur photographischen Platte gleiten kann. Um dies zu erreichen, wurde für die Röhre eine Art von Schlitten konstruiert und die Führung dieses Schlittens mit der Kassette durch zwei kräftige Holzwände verbunden, wodurch ein kastenförmiges Gestell entstand, das aus einem Boden — der Wechselkassette, — einem Dach — dem Röhrenschlitten — und zwei Seitenwänden besteht, geräumig genug, um auch einen voluminöseren menschlichen Körper umfassen zu können. Damit nun die aufzunehmende Person nicht eigens in den Kasten hineinzukriechen braucht, sind die beiden Seitenwände mitsamt dem Röhrenschlitten von der Wechselkassette abnehmbar. Unbewegliche Verwundete werden dann einfach auf die Kassette gelagert und über sie wird dann der beschriebene aus den kräftigen Seitenwänden und der Schiebevorrichtung für die Röhre bestehende Oberteil aufgesetzt. Damit aber auch Aufnahmen nicht nur in der Richtung von oben nach unten, sondern auch bei horizontalem Strahlengang von einem auf der Seite liegenden oder einem aufrecht stehenden Patienten gewonnen werden können, ist das Ganze durch Riegel fest genug zusammenfügbar, um auch bei einer Lagerung des Kastens auf eine der Seitenwände oder beim Aufstecken derselben auf ein vertikales Aufnahmegestell nicht Schaden zu leiden.

Als eine der wichtigsten Einrichtungen des Apparates ist noch zu erwähnen, daß in der Fläche, der die Aufnahmeperson aufruht, genau über der Stelle der photographischen Platten vier Marken aus Bleidraht eingelassen sind, welche bei jeder Aufnahme mitphotographiert werden und dann, wenn durch die unvermeidlichen kleinen Verschiebungen oder Verschwenkungen der Platten in ihren Kassetten kleine Inkongruenzen ihrer Lage entstehen, im Betrachtungs- und Meßapparat in einer später noch zu beschreibenden Weise eine vollkommene Deckung ermöglichen. Diese Marken sind zugleich das wichtigste Kontrollmittel für die Richtigkeit der Stereoskopie. Sehr wesentlich ist, daß sie schräg, diagonal einander gegenübergestellt sind, so wie auf den Figuren 9—17 die vier Ecken des aufliegenden Würfelquadrates. Denn nur bei dieser Anordnung verraten sich falsche Stellungen der Platten am sichersten durch die Unmöglichkeit, die Bilder der Marken zur Deckung zu bringen. Daß natürlich durch mehrere kleine technische Hilfsmittel noch besonders für eine möglichst große Schärfe der Bilder gesorgt werden mußte, braucht hier wohl nicht im einzelnen beschrieben zu werden (s. M. med. W. 1915, feld. Beil. 44).

Die Aufnahme ist eine wenig zeitraubende Prozedur. Nach Beschickung der Wechselkassette wird die eine der beiden Platten unter die „Deckungsmarken“ geschoben, während die zweite noch gegen Belichtung geschützt bleibt. Der Patient wird gelagert, die erste Belichtung vorgenommen und nach Verschiebung von Röhre und Platte auch die zweite Exposition gemacht.

2. Die Funktion.

Die Zeitdauer des ganzen Vorganges beträgt etwa zehn Sekunden, wenn die Verschiebungen manuell ausgeführt werden. Um aber einen noch rascheren Ablauf zu ermöglichen, und

dadurch Ungleichheiten beider Bilder durch allenfallsige Atembewegungen zu vermeiden, habe ich für eine spätere allgemeinere Verwendung eine automatische Auswechselvorrichtung vorgesehen.

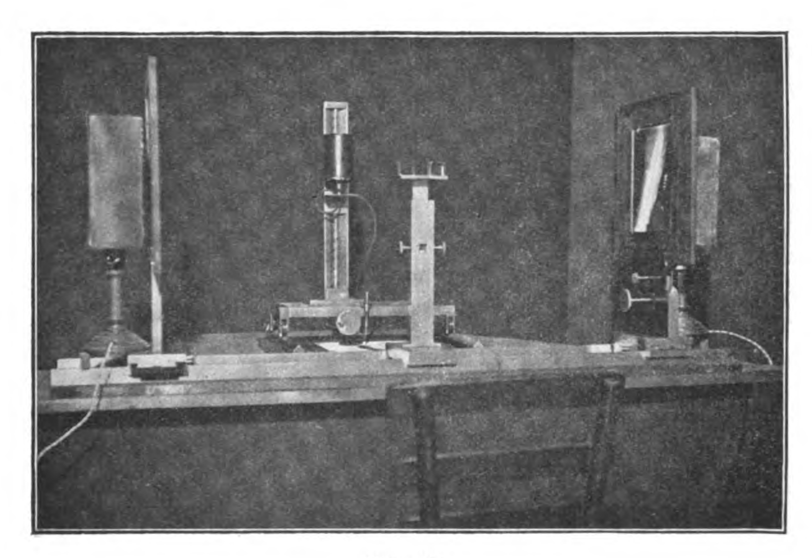


Fig. 18[1]).

II. Der Meßapparat.

1. Die Konstruktion.

Auch die Beschreibung des Apparates zur Betrachtung und Messung der stereoskopischen Röntgenogramme wird sich einfach gestalten lassen, nachdem wir nunmehr doch die theoretischen Grundlagen bereits kennen.

a) Das Stereoskop.

Es ist ein Spiegelstereoskop, dessen Spiegel transparent versilbert sind, um zugleich mit der Betrachtung des Spiegelbildes dem Untersucher den Durchblick in den hinter den Spiegeln gelegenen dunklen Raum zu gestatten, in welchem sich die Registriervorrichtung mit dem leuchtenden Punkt (s. Seite 362) befindet.

Das Spiegelstereoskop ist auf einer sogenannten optischen Bank montiert, welche eine sichere Zentrierung des ganzen Systems garantiert. Auf ihr stehen links und rechts vom Untersucher die Träger für die photographischen Platten senkrecht zur Längsachse des ganzen Systems und auf einer Zentimetereinteilung zum Beschauer zu verschieblich. Stellschrauben gestatten Verschiebungen der Platten in der Höhen- und Querrichtung und Achsendrehungen, wenn wir die Bilder zur Deckung bringen wollen. Die Platten werden von rückwärts her durch elektrische Lampen beleuchtet, durch deren Abstand wir die Helligkeit der Bilder regulieren.

Zwischen den beiden Platten stehen nun auf einem Gestell die beiden halbdurchsichtigen Spiegel; das sind diagonal durchschnittene Glaswürfel von 3 cm Seite, an der Diagonalfläche versilbert und wieder verkittet, um totale Reflexion zu vermeiden. Der Abstand ihrer Mittelpunkte beträgt 6,5 cm, also das Maß eines mittleren Augenabstandes. Aber die Größe der Spiegelfläche gestattet auch Untersuchern von größerer oder geringerer Augendistanz die Betrachtung der Spiegelbilder.

[1]) Die Figur 18 zeigt einen der Apparate, welche vom Verfasser dieser Zeilen mit improvisierten Mitteln in einem Etappenort in Frankreich gebaut sind Um die fabrikatorische Herstellung für die Heimat hat sich in dankenswerter Weise die Firma Stiefenhofer in München angenommen, zusammen mit dem optischen Werk von Dr. Staeble, ebendaselbst.

Freilich kommen für solche Untersucher die oben (Seite 355—358) erörterten Kautelen in Betracht, und um dem Betrachter wegen der Wichtigkeit genauer Kenntnis seiner Pupillendistanz stets genaue Orientierung über diesen Punkt zu gestatten, kann ein Pupillendistanzmesser in Form eines Metallplättchens vor die Spiegel aufgesteckt werden, an dem jeder Untersucher durch Verschiebung zweier pupillenartiger Löcher seine Augendistanz ermitteln, ablesen und für die Arbeit einstellen kann. Entspricht der ermittelte Augenabstand nicht dem durchschnittlichen von 6,5 cm, so bleiben ihm mehrere Wege offen, entweder die Aufnahmen nach seiner Pupillendistanz anzufertigen, oder aber für Messungen diese künstlichen Pupillen vor den Spiegeln stecken zu lassen und einäugig nach der auf Seite 363 beschriebenen Weise zu arbeiten. Ein dritter Weg wäre durch den auf Seite 356 erörterten Ausgleich durch Plattenverschiebung denkbar. Da er aber nur jeweils für eine einzige Parallacxe richtige Resultate ergibt, kann er wohl praktisch nicht begangen werden. Ein vierter Weg ist noch durch die Anwendung vorgeschalteter verschieblicher und dem Augenabstand anpaßbarer Okulare gegeben, ähnlich, wie er bei Prismenfeldstechern üblich ist. Diese Okulare stellen aber eine weitere Komplikation des Apparates dar und engen auch das Gesichtsfeld ein. Wie das vorstehende übrigens beweist, ist die letztgenannte Vorrichtung keineswegs, wie Drüner annimmt, dasjenige, was erst eine exakte Photogrammetrie des Röntgenbildes ermöglicht.

Das entstehende Stereoskopbild kommt nun, wie schon theoretisch auseinandergesetzt, dadurch zustande, daß die beiden seitlich stehenden Bilder durch die 45° zur Blickrichtung einerseits, zur Verbindungsachse der beiden Platten andererseits geneigten Spiegel im Auge des Betrachters reflektiert, von diesem im Geiste in den vor ihm gelegenen Raum des dunklen Beobachtungszimmers verlegt, im Abstande der Aufnahme zur Deckung gebracht werden und so als ein räumliches, vor dem Auge des Betrachters schwebendes Gebilde erscheinen. Wer gut stereoskopisch sieht, wird häufig Bilder stereoskopisch auch dann sehen, wenn sie sich nicht vollkommen decken. Ob sie das tun, können wir erst durch die Meß- oder Registriervorrichtung genauer feststellen.

b) Die Registriervorrichtung.

Diese Meßvorrichtung ist der zweite Bestandteil des photogrammetrischen Apparates, wodurch dieser sich auch von den schon bisher angewendeten Spiegelstereoskopen für Röntgenbilder wesentlich unterscheidet und dieses erst zu einem exakten Apparat macht. Rechtwinkelig zu der optischen Bank angebracht befindet sich hinter den Spiegeln ein reißbrettartiges Tischchen, auf dem nach Art eines Kreuzschlittens ein Gestell in allen Richtungen einer Ebene herumgefahren werden kann, ohne sich dabei je schräg zu stellen. Warum auf diesen Umstand Wert gelegt wurde, wird noch aus dem weiteren hervorgehen. Dieses Gestell trägt nun, vertikal verschieblich, den „leuchtenden Punkt“ in Gestalt einer Vorrichtung, die das von einer Glühlampe ausgesandte Licht nur durch eine punktförmige Öffnung austreten läßt. Mittels einer Handhabe, welche zugleich die Horizontal- und Vertikalverschiebungen zu leiten erlaubt, kann man den leuchtenden Punkt durch alle Teile des räumlichen Stereoskopbildes wandern lassen und ihn mit Punkten desselben zur Deckung bringen. Mit einem unten am Gestell angebrachten Zeichenstifte kann man dann Projektionen der Lage der einzelnen Punkte auf einem der Fläche des Reißbrettes aufgesteckten Zeichenpapier markieren. Die jeweilige Projektionszeichnung wird aber nur dann richtig, wenn entweder der Zeichenstift stets genau senkrecht unter dem Lichtpunkt steht, — wie ich ihn bei meiner früher verwendeten Apparatur angebracht hatte, wo auch bei Verdrehungen des Lichtpunktträgers der Zeichenstift immer lotrecht unter dem leuchtenden Punkt verblieb, — oder aber, und dies habe ich neuerdings vorgezogen, wenn durch eine kreuzschlittenartige Anordnung jede Verdrehung des Registriergestelles bei seinen Verschiebungen schon von vornherein ausgeschlossen ist. Dann kann der Zeichenstift an jedem beliebigen Punkt des Lichtträgergestelles angebracht werden, ohne das je die Gefahr einer Verzeichnung entsteht.

2. Die Funktion.

a) Einstellung, Deckung, uniokulares Arbeiten.

Der Vorgang der Messung, Aufzeichnung und Nachbildung eines solchen Stereoskopbildes geht dann in folgender Weise vor sich. Das erste, was bei der Einstellung des Stereoskopbildes zu geschehen hat, ist die Aufstellung zuerst der linken Platte so, daß ihr Augpunkt genau der Spiegelmitte gegenüber, mit ihr zusammen in der optischen Achse liegt, also ihre Zentrierung. Dazu braucht man diese Platte nur ganz nahe an den Spiegel heranzubringen, mit Stellschrauben die Platte an die gewünschte Stelle zu verschieben und sie sodann in die Bildweite wie bei der Aufnahme zu rücken.

Dann folgt die Einstellung der rechten Platte durch die Deckung der Schattenbilder jener vier auf Seite 360 erwähnten, in das Aufliegebrett eingelassenen Marken in dem bei der Aufnahme eingenommenen Abstand. Damit wollen wir erreichen, daß das Bild der Aufliegefläche und damit des ganzen Aufnahmeapparates — also des „festen Systems“ wie wir es im Gegensatz zu dem „beweglichen System“, dem aufgenommenen lebenden Körper, nennen wollen — in seiner Richtigkeit kontrolliert ist. Daß dadurch noch nicht sichergestellt ist, ob nicht der aufgenommene Körper, das bewegliche System, durch Eigenbewegungen in sich Veränderungen des Bildes hervorgerufen haben könnte, sei hier nur kurz vorweg angedeutet. Wie wir uns allerdings auch diesbezüglich gegen Täuschungen schützen können, soll dann weiter unten erklärt werden. Zunächst also handelt es sich um die Herstellung einer Kongruenz des „festen Systems“. Die Bilder der Marken müssen genau in derselben Entfernung vom Spiegelmittelpunkt vor den Augen des Betrachters erscheinen, wie sie bei der Aufnahme zwischen Marken und Fokus bestanden. Diese letztere kennen wir von der Aufnahme her. Wir bringen also den Lichtpunkt in dieser Entfernung — durch einen Strich auf dem Zeichenbrett können wir sie ein für allemal angeben — an die Stelle einer charakteristischen Ecke einer Marke des linken Bildes und rücken nun auch, durch den rechten Spiegel blickend, die entsprechende Stelle des rechten Bildes durch Seiten- und Höhenverschiebung an die Stelle des Lichtpunktes. Nun gehen wir mit dem Lichtpunkt zu einer zweiten Marke des linken Bildes und kontrollieren wieder rechts. Da kann es nun sein, daß wiederum eine Differenz besteht und Licht und Marke sich nicht decken. Dann ist offenbar bei der Aufnahme die rechte Platte gegenüber der linken etwas verdreht gelegen und wir müssen diese Verschwenkung durch eine umgekehrte Drehbewegung der rechten Platte wieder ausgleichen. Vorteilhaft ist es, diese Prozedur auch an der dritten und vierten Marke zu wiederholen, da häufig da noch kleinste Fehler entdeckt werden können. Aber immer ist bei diesen Bewegungen der Lichtpunkt in der Ebene der Marken geblieben und wir wissen nun sicher, daß das Bild der Aufliegeplatte genau im Abstande erscheint, der auch in der Wirklichkeit bei der Aufnahme bestand.

Es wird soeben aufgefallen sein, daß für die Deckung der Marken empfohlen worden ist, das rechte und linke Auge einzeln arbeiten zu lassen, wenn wir die Stellung der Marken auf dem rechten und linken Bilde in ihrer Beziehung zum Lichtpunkte, anvisierten. Hier besteht das Bedürfnis nach einer näheren Erklärung.

Freilich ist ein Hauptvorteil des stereoskopischen Sehens der durch das gleichzeitige Sehen mit beiden Augen vermittelte körperhafte Eindruck. Für exakte Messungen und Feststellungen kommen wir damit allein aber nicht aus, sondern wir müssen dann die beiden Augen einzeln und zeitlich nacheinander die Deckung von Bildpunkten mit einer Kontrollmarke, hier dem Lichtpunkt vornehmen lassen, indem wir so automatisch die Schnittpunkte der zusammengehörigen Strahlen der rechten und linken Seite der Figur 10 aufsuchen. Aber gerade diese Arbeitsweise ist es, welche diese Methode über alles Subjektive, Schätzungsweise erhaben und zu einer mathematischen, also exakten macht. Das Verfahren bietet damit auch den Vorteil, daß auch Menschen mit ungleichen Augen die nicht über ein eigentliches stereoskopisches Sehen verfügen, es gleichfalls anwenden können, wenn freilich dann die Prozedur umständlicher

ist, der Frische des überzeugenden Eindruckes eines sozusagen mit den Händen zu greifenden Stereoskopbildes entbehrt und mehr überlegungsgemäß ausgeführt werden muß.

Ein solcher Untersucher kann mit dieser Methode ebenso sicher arbeiten als ein anderer, der über räumliches Sehen verfügt. Er bringt zunächst den Lichtpunkt in beliebiger Tiefe, also in beliebigem Abstande mit dem Punkte des einen Bildes zur Deckung, dessen Lage er bestimmen will. Dann kontrolliert er mit einem Blick durch den anderen Spiegel, ob auch da Bildpunkt und Lichtpunkt sich decken. Zeigt der Lichtpunkt sich dann nach der Seite des zuerst benutzten Spiegels verschoben, ist er bei der Wanderung des Auges von einem zum anderen Spiegel gewissermaßen zurückgeblieben, etwa so, wie wenn wir bei einer Eisenbahnfahrt die nahe am Wagenfenster stehenden Telegraphenstangen nach rückwärts eilen sehen, so hat er eine negative parallaktische Verschiebung, steht also zu nahe am Auge. Nun kehrt der Untersucher mit seinem Auge wieder zum ersten Spiegel zurück und verschiebt den Lichtpunkt — in fortwährender Deckung mit dem Bildpunkt — geradlinig von sich weg und kontrolliert wieder. Nun bemerkt er auf einmal, daß jetzt der Lichtpunkt mit dem Auge wandernd über den zu bestimmenden Bildpunkt hinaus geeilt ist, in positiv parallaktischer Verschiebung, gerade so, wie wenn bei dem Beispiel der Eisenbahnfahrt fernerstehende Bäume den näherstehenden voranzueilen scheinen, und dies ist nun ein Zeichen, daß er mit dem Lichtpünktchen zu weit nach rückwärts gekommen ist. Er braucht jetzt nur wieder ein kleineres Stück — wieder unter Führung des ersteren Spiegels — den Lichtpunkt zu sich heranzuziehen, bis schließlich auch bei der Kontrolle von der anderen Seite aus der Lichtpunkt sich gleichfalls mit dem Bildpunkt deckt; jetzt weiß er, daß er sich ganz genau in der Tiefe des Objektpunktes befindet, denn er steht jetzt mit ihm am Schnittpunkt der beiden dem Objektpunkt zugehörigen Strahlen. Diese Art des Arbeitens ist, wie ich mich schon mehrfach überzeugt habe, rasch erlernt, wenn man sich nur gleich von vorne herein angewöhnt, die Verschiebungen selbst immer nur unter der Führung des einen Auges zu machen und das andere nur immer zur Parallaxenkontrolle zu verwenden, um sich unnötige und verwirrende Zickzackverschiebungen zu ersparen.

Diese kleinen Handgriffe mögen vielleicht in der Darstellung kompliziert scheinen, sie sind aber alsbald erlernt und in wenigen Minuten ausführbar. Sie hier so eingehend zu besprechen hat den Zweck, den Grad der Exaktheit restlos zu klären, den uns die Methode bietet.

Wenn wir nun also die vier Marken vermittels dieses Anvisierens durch den Lichtpunkt in richtigem Abstande und richtiger Stellung zur Deckung gebracht haben, wissen wir, daß das stereoskopische Bild genau in dem Abstande und der Stellung, wie bei der Aufnahme vor uns liegt und wenn wir ein übriges tun wollen, brauchen wir nur von den Marken sogleich vertikal nach unten eine Projektion mit dem Zeichenstift anzumerken und deren Abstände zu messen, um uns sogleich zu überzeugen, ob sich die gewonnenen Maße mit der Wirklichkeit decken. Wäre dies nicht der Fall, so gäbe uns dies einen Hinweis, daß wir entweder im Augenabstand, in der Plattendistanz oder mit der Stellung des Achsenstrahles nicht mit der Aufnahme konform sind und es müßte darin eine Nachkontrolle gemacht werden.

b) Auswertung.

Allgemeines. Plastische Nachbildung, Vertikal- und Horizontalprojektionen, Schrägmaße und -Schnitte.

Nach der Einstellung schreiten wir sodann zur Auswertung des Bildes selbst. Dabei müssen wir uns zum vornherein darüber klar sein, daß es sich bei dem, was wir darstellen wollen, um ein räumliches Gebilde handelt und daß ein solches auf Ebenen, wie sie die Zeichenfläche bietet, nur in Form von Projektionen darstellbar ist, und zwar würde es sich bei dem bisher besprochenen um Vertikalprojektionen handeln. Mit diesem Verfahren könnte man nach Art von Schichtlinienzeichnungen eine Anzahl von übereinander in gleichmäßigen Abständen liegende Horizontalschnittebenen gewinnen, und aus diesen nach Art

der Bornschen Plattenmodelliermethode der Embryologie Rekonstruktionen gewinnen. Dies wäre aber, und zwar besonders zu praktischen Zwecken viel zu kompliziert. Zudem werden wir sogleich sehen, daß ein so langwieriges Verfahren gar nicht nötig ist. Denn wenn wir die Absicht haben, eine volle räumliche Konstruktion des Bildes zu erhalten, brauchen wir ja lediglich an dem Gestell für den leuchtenden Punkt eine lange, feste Stahlnadel anzubringen. Die Spitze dieser Nadel macht sodann alle Bewegungen des leuchtenden Punktes im Raum mit und wir haben somit einen Punktierapparat gewonnen, wie ihn die Bildhauer verwenden, können mit ihm alle Raumpunkte auf rechts oder links vom Registrierapparat aufgestellte Tonklötze übertragen und damit eine direkte plastische Nachmodellierung erzielen.

Auch andere Hilfsmittel sind noch zur Aufzeichnung von Maßen möglich. Wir wollen häufig außer den Maßen in der Horizontaldimension, die wir ja aus einer Projektionszeichnung ohne weiteres ablesen, auch rein vertikale Maße wissen. Auch diese sind ohne weiteres abzulesen, wenn wir an der Höhenverstellung des Lichtpunktes eine Zentimetereinteilung anbringen.

Schräge Maße sind auf dem Wege der Horizontal- und Vertikalprojektion nur umständlich zu gewinnen, weil sie ausgerechnet werden müssen. Aber sie können in der allereinfachsten Weise auch durch das bloße Hineinhalten eines schwach beleuchteten Maßstabes in das Stereoskopbild gewonnen werden, ähnlich wie es Trendelenburg angibt. Freilich kommen wir am menschlichen Körper mit bloßen Maßen nicht aus, und als das mindeste Erfordernis muß schon die Anlegung von Ebenen bezeichnet werden. Um andere als die oben erörterten Horizontalebenen (Vertikalprojektionen) zu erhalten, müßte man die folgende, für solche Bedürfnisse von mir vorgesehene Vorrichtung benützen. Eine von rückwärts schwach beleuchtete Milchglastafel kann an die Stelle des Lichtpunktgestelles aufgesteckt und durch Drehung in frontale, sagittale oder dazwischen gelegene schräge oder in eine zur Horizontale geneigte Ebene gebracht werden. So kann sie auf jede beliebige Ebene eingestellt und auf ihr jede gewünschte Form und Distanz aufgezeichnet werden.

Ich mache aber darauf aufmerksam, daß die Sondereinrichtungen, welche eben genannt wurden, nur der Vollständigkeit halber aufgeführt sind, um die Ausbaufähigkeit des Verfahrens zu zeigen. Es ist klar, daß eine Untersuchungsmethode, die sich äußerste Exaktheit, ja die Schaffung einer vollen Kongruenz zwischen Objekt und Bild an einem so komplizierten, wie dem menschlichen Körper zum Ziel setzt, in ihren äußersten Konsequenzen eine gewisse Komplikation zur Folge haben müßte. Für die einfacheren Ansprüche der Praxis könnte das ein Zuviel von Vorkehrungen mit sich bringen, das imstande wäre, die allgemeine Verwendung eines solchen Verfahrens zu erschweren. Jedoch muß hier gleich mit allem Nachdruck versichert werden, daß für Anforderungen, wie sie die Chirurgie stellt, insbesondere die gegenwärtig so aktuelle Frage der Fremdkörperlokalisation, die vorliegende Methode mit ganz einfachen, automatisch auszuführenden Handgriffen voll auskommt. Mit der ersten der aufgeführten Einrichtungen, dem beweglichen Lichtpunkt und der Aufzeichnung von Vertikalprojektionen der damit aufgesuchten Raumpunkte, habe ich bis heute mehr als 1500 Fälle untersucht, jedesmal ein vollkommen befriedigendes Resultat erzielen und dieses hinreichend verständlich machen können, und zwar auch immer dann, wenn zur Klärung eines Falles nur wenige Minuten zur Verfügung standen.

Spezielles Beispiel. Richtigkeitskontrolle.

Nach dieser Erörterung der Auswertungsmethode kehren wir wieder zu dem Vorgang derselben zurück und handeln denselben gleich an dem Beispiel eines praktischen Falles ab. Die Aufgabe sei die Lage eines von der Seite her in die rechte Bauchgegend eingedrungenen Geschosses für den Zweck der Herausnahme zu ermitteln; das Geschoß stecke nach dem Befund einer vorhergegangenen Durchleuchtung in der rechten Lendenregion. Vor der Aufnahme

haben wir den Einschuß durch einen aufgelegten sterilisierten Bleidrahtring, deren wir stets eine Anzahl vorrätig halten, markiert, ferner haben wir dem Patienten an die Bauchseite, etwa in der Gegend der untersten Rippen, schätzungsweise nahe der Stelle des Geschosses einen 10 cm langen Bleidraht aufgeklebt. Dies ist eine Maßnahme von einer gewissen Wichtigkeit, wie sogleich aus dem folgenden hervorgehen wird.

Wir sind schon oben (S. 363) darauf aufmerksam geworden, daß mit der Richtigkeit des „festen Systems“ noch nicht ohne weiteres die des lebenden, beweglichen Systems gegeben ist. Denn eine unbeachtete Bewegung des Patienten, hier etwa ein Atemzug kann eine andersartige Verschiedenheit der Schattenbilder, also andere Parallaxen geschaffen haben, als diejenigen sind, die wir absichtlich durch die Röhrenverschiebung erzeugen. Da aber gerade diese Parallaxen für die Gestaltung des Bildes maßgebend sind, muß die Möglichkeit der Kontrolle gesichert sein. Und gerade diese ist uns nun durch den erwähnten Bleidraht geboten. Denn das erste, was nun geschieht, ist die Nachbildung dieser Drahtmarke. Sie schwebt in dem Stereobilde vor uns, horizontal der Krümmung des Leibesumfanges folgend und wenn wir sie an dem eingestellten Bilde nun mit dem Lichtpunkt aufsuchen, ihr nachfahren und zugleich ihre Horizontalprojektion auf dem darunter liegenden Zeichenpapier auftragen, erhalten wir ein Bild dieses Bleidrahtes. Hätte der Patient nun während der Aufnahme eine stärkere Atembewegung gemacht, so wäre sicher das eine Ende der Bleidrahtmarke auf einem der beiden Bilder weiter lateral oder medial, als er nach der Röhrenverschiebung allein liegen müßte. Durch diese verschobene Parallaxe würde dann ohne weiteres eine falsche Länge des Drahtes erzeugt und die Unstimmigkeit würde uns sogleich auf die stattgehabte Bewegung aufmerksam machen. Gerade die Möglichkeit der Richtigkeitskontrolle halte ich für einen besonders wichtigen Vorzug der Methode.

Eines würde uns vielleicht störend bemerkbar werden, wenn wir als Kontrollmarke einen einfachen Bleidraht verwendeten. Die Endpunkte sind zwar klar und scharf faßbar; anders aber verhält es sich mit der dazwischen gelegenen Strecke des Drahtbildes. Daran können wir zwar schätzungsweise einzelne Punkte bei doppeläugigem Sehen mit einer bemerkenswerten Wahrscheinlichkeit mit der Lichtmarke aufsuchen, aber es bleibt doch nur eine Schätzung und bei uniokularem Arbeiten wird uns erst richtig bewußt, daß wir ja an dem glatten Draht dafür gar keine Anhaltspunkte haben. Dem ist aber dadurch abgeholfen, daß ein in gewissen Intervallen (1 cm) geriefter Draht verwendet wird, der für die „Abtastung“ mit dem Lichtpunkt sogleich sichere Anhaltspunkte liefert.

Wenn wir nun so die Richtigkeit eines Maßes an der Haut einer sehr beweglichen Körperregion festgestellt haben, können wir auch annehmen, daß die unter der Haut gelegenen Teile, Rippen, Wirbelsäule, Geschoß richtig wiedergegeben sind.

Wir sehen nun dieses Geschoß räumlich in seiner ganzen Topographie vor uns liegen. Es befinde sich in kurzer Distanz kaudal von der Spitze der 12. Rippe seitlich der Wirbelsäule. Nun wollen wir aber die genauere Konfiguration kennen lernen, um zu wissen, ob es in der Niere oder weiter dorsal gelegen ist. Dazu müssen wir vielleicht den Lichtpunkt ein wenig senken bis wir an die Spitze des Projektils, eines Infanteriegeschosses kommen. Diese Höhenverschiebung notieren wir sogleich und wissen später, daß dann die Horizontalebene, die wir nun aufzeichnen wollen, etwa 2 cm kaudal von der des Drahtes liegt. Dies hat den Wert, daß wir dann später die Stelle der Drahtmarke, die wir uns durch einen haltbaren Handstrich auf dem Patienten angezeichnet haben, als Ausgang für die Operation verwenden können.

Nun folgt noch die Aufzeichnung der Projektion des Infanteriegeschosses, des benachbarten 2. Lendenwirbels mit seinem Seitenfortsatz, neben dessen Spitze das Geschoß in einer Entfernung von einigen Zentimetern liege.

Wir haben damit ein Querschnittsbild (Horizontalschnitt, Vertikalprojektion) der Lendenregion mit dem Bilde des Wirbels, des Geschosses, der Haut gewonnen und können sagen, daß dieses, da es genau in der Frontalebene des Proc. costarius liegt, nirgends anders als in der Muskulatur des Quadratus lumborum liegen kann. Auch den Verlauf des Schußkanals erhalten

wir sofort durch die Aufzeichnung der Einschußmarke und können daraus Schlüsse auf seine Verwertbarkeit zu einem Eingriff oder auf die Möglichkeit komplizierender Verletzungen, also größere Klarheit über den Fall gewinnen. Das eben Geschilderte ist ein einfacheres Beispiel für den gewöhnlichen Verlauf einer solchen Untersuchung nach einem praktischen Fall, der nach kurzer Untersuchung durch eine ebenso rasche als glatte Operation seine Erledigung fand.

c) Hilfsmethoden.

Im Laufe einer großen Zahl von Untersuchungen haben sich zu den einfacheren von anfang an verwendeten Maßnahmen nach Art des oben dargestellten Beispiels freilich noch manche wertvolle Hilfsmethoden gesellt, die zur Hebung der Klarheit, Verstärkung der Plastik und Verbesserung der Orientierung wünschenswert waren. Ich möchte nicht versäumen sie zur Vervollständigung des Gesamtbildes noch mitzuteilen.

So ist z. B. die klare Sichtbarmachung der glatten Hautoberfläche ohne besonderes Hilfsmittel nicht möglich. Auch für sie gilt dasselbe, was oben über die „Abtastung" eines glatten und horizontal verlaufenden Drahtes gesagt worden ist. Wir haben keine Anhaltspunkte, welche uns auf den beiden Bildern markante und leicht zu identifizierende Schatten liefern würden. Hier kann man sich aber unschwer helfen. Man umwickelt eine zu untersuchende Extremität einfach mit einer feuchten in eine Wismutaufschwemmung getauchten Mullbindentour, die übrigens zur völligen Vermeidung von Infektionsgefahr immer steril vorrätig gehalten werden kann; wo ein Umwickeln praktisch nicht möglich ist, können ebensolche Kompressen aufgeklatscht werden. Die feuchte Gaze legt sich der Körperoberfläche dicht an, wirkt im Stereoskopbild wie ein feines Drahtgitter, dessen Maschen ganz präzise Anhaltspunkte geben, eine genaue Abtastung mit dem Lichtpunkt ermöglichen und im übrigen die Plastik in einer staunenswerten Weise eindrucksvoll gestalten[1]).

Eine weitere Methode der Hautmarkierung hat mir gleichfalls wertvolle Dienste getan. Häufig hatte sich störend bemerkbar gemacht, daß Hautstriche dann, wenn zwischen Bestimmung und Operation mehrere Tage vergangen waren, sich schon etwas verwischt hatten und so keine sicheren Anhaltspunkte für die letztere mehr abgaben. Damit nun die Lokalisation ihren Wert behält, selbst in Fällen, wo längere Zeit bis zu einem Eingriff verstreicht, ergab sich das Bedürfnis nach Dauermarken. Solche Dauermarkeh sind nun an vielen Stellen der Körperoberfläche schon durch die Natur gegeben in Form markanter Falten und Hautlinien. Diese habe ich in der Form nutzbar gemacht, daß ich, an der Hand und in der Handgelenksgegend, dem Fuß, eventuell dem Hals oder dem Gesicht, auch in der Gegend größerer Narben die Haut mit einer Aufschwemmung von Wismut bepinselte, das dann in die Falten hinein sedimentiert und in Röntgenbild Dauermarken nach Art der Daktyloskopie liefert. Zugleich wird dadurch wieder ein wundervoll plastischer Stereoskopeindruck vermittelt.

Außerdem gibt es aber noch eine ganze Anzahl je nach Lage des Falles wertvoller Markierungsarten, so gelegentlich Sonden in einem Schußkanal, Drainrohre, die Schatten geben, endlich mache ich mir auch gelegentlich den Darm, um dessen Lagebeziehung zu einem Fremdkörper zu klären, durch einen Kontrastinhalt sichtbar oder die Harnröhre durch eingeführte Katheter. Wie man die Blase, die Ureteren, das Nierenbecken nach Art der Pyelographie, die Topographie der Bulbi unter Zuhilfenahme besonderer Hilfsmittel, die Hohlräume der Nase, den Ösophagus, den Magen am zweckmäßigsten der stereophotogrammetrischen Röntgenographie zugänglich machen kann, gibt es sicherlich noch mancherlei Wege. Aber dafür ist, bisher wenigstens, die Zeit knapp gewesen. Aber von spezialistischer, berufener Seite ist wohl in Zukunft ein Ausbau verwertbarer Methoden zu erhoffen, der sich auf der vorliegenden Grundlage sicherlich verlohnen dürfte.

---

[1]) In neuerer Zeit habe ich als ein noch bequemeres, trockenes, leicht zu säuberndes und sterelisierbares derartiges Hilfsmittel Drahtnetzbinden angewendet, deren Maschen dann im Röntgenbild mit ganz hervorragender Schärfe als dünne Striche erscheinen. Diese Binden wurden mir von der Firma Stiefenhofer in München geliefert.

Eines darf vielleicht zum Schlusse noch erwähnt werden. Wenn uns zur röntgenologischen Arbeit ein primitives Instrumentarium zu Gebote steht und wir keine starken elektrischen Ströme zur Verfügung haben, mit Verstärkungsschirmen arbeiten müssen und wenig durchgearbeitete Bilder erhalten, dann bieten die erzielten Röntgenogramme für die Stereophotogrammetrie natürlich auch nicht viele markante Punkte. Wenn auch das Stereoskopbild die glückliche Eigenschaft hat, auch an mäßigen Bildern wohl wegen der gegenseitigen Ergänzung viele Details hervortreten zu lassen, die uns am Einzelbild vielleicht entgingen, so werden doch die aufgezeichneten Bilder häufig noch etwas leer. Hier ist es aber nicht ein Mangel der Methode, sondern es sind Mängel, die dem Röntgenbilde im allgemeinen noch anhängen. Aber diese Mängel sind im Laufe des letzten Dezenniums schon in staunenswerter Weise verringert worden und die neuesten Errungenschaften auf dem Gebiete der Röhrenherstellung scheinen hier wieder ganz wesentliche Fortschritte anzubahnen.

Der Ausbau der Methode, wie er bisher vorliegt, ist zunächst aus den Bedürfnissen der durch den Krieg beim Chirurgen brennend gewordenen Frage der Fremdkörperlokalisation bedingt gewesen. Daß sich dabei auch eine restlose Lösung jener Aufgabe ergeben hat, die ich schon in früherer Zeit verfolgt habe, nämlich die Erschließung des lebenden menschlichen Körpers durch eine absolute Exaktheit des Röntgenverfahrens für die Anatomie, ist mir vorläufig nur ein erwünschtes Nebenresultat. Es läßt sich aber daraus auch weiter erhoffen, daß der Methode eine über die Bedürfnisse der momentanen Aufgaben weiter hinausgehende, universelle Verwendung beschieden sein wird.

Correspondenz[1]).

Deutsche Röntgen-Gesellschaft.

An Stelle des verstorbenen Herrn Heinz Bauer hat der Ausschuß der Deutschen Röntgen-Gesellschaft Herrn Direktor Hirschmann-Berlin zum I. Kassenführer und Herrn Dr. Fürstenau-Berlin zum II. Kassenführer gewählt.

An der **Unterrichtsanstalt für Staatsarzneikunde der kgl. Universität zu Berlin,** Hannoversche Straße 6 (Direktor: Geheimrat Prof. Dr. Strassmann), ist eine Röntgenabteilung unter Leitung von Dr. G. Bucky eingerichtet worden, die für gerichtlich-medizinische Untersuchungen und Begutachtungen bestimmt ist. Die Abteilung steht allen als gerichtliche Sachverständige tätigen Ärzten für die genannten Zwecke zur Verfügung.

Bücherbesprechungen.

F. Thedering: **Das Quarzlicht und seine Anwendung in der Medizin.** Druck und Verlag von Gerhard Stalling-Oldenburg. 128 Seiten, 14 Illustrationen. Preis M. 5,—.

In einem allgemeinen Teil gibt Verfasser einen Überblick über Finsen-Kromayer-Apparate, über Methoden der Lichtmessung, über biologische Lichtwirkung usw. Die allgemeine Technik der Quarzlichtbehandlung ist einfach und ausreichend geschildert. Ausführlich geht Th. auf die Behandlung der verschiedenartigen Hautkrankheiten ein. Dabei ist ihm aber die Quarzlichtbehandlung nur eine Methode, deren Indikation jeweilig geteilt werden muß, die durch andere Methoden unterstützt oder ausgetauscht wird. Vorschläge für die im einzelnen anzuwendende Technik sind entsprechend der rein persönlichen Erfahrung des Verfassers gegeben. Literaturangaben treten im allgemeinen und besonderen Teil zurück. Th. legt uns ein einfaches, persönliches, für den Praktiker geschriebenes Buch vor, frei von der einseitigen Auffassung des Erfinders, der mitunter geneigt ist, seine oder künstliche Methodik gegen natürliche Heilfaktoren und die Summe wissenschaftlicher und praktischer Erfahrungen auszuspielen. Carl Klieneberger.

---

[1]) Seitens der Redaktion der Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen ist eine **Auskunftsstelle** für alle auf die Anwendung der Röntgenstrahlen sich beziehenden Angelegenheiten eingerichtet worden. Fragen medizinischer, physikalischer oder technischer Art werden beantwortet und, soweit dieselben von allgemeinem Interesse sind, unter dieser Rubrik publiziert. Alle Anfragen sind direkt an die Redaktion Prof. Dr. Albers-Schönberg, Allgemeines Krankenhaus St. Georg, Hamburg 5, zu richten.

Leopold Freund: **Die Syphilis im Röntgenbilde.** Handbuch der Geschlechtskrankheiten. Wien, Alfred Hölder. 1916.

Darstellung der Knochensyphilis im Röntgenbilde einschließlich kongenitaler und Gelenkaffektionen (78 Bromsilberphotographien).

Differentiell müssen häufig andere Erkrankungen (Geschwülste, Tuberkulose, Osteomyelitis) ausgeschaltet werden. Mitunter spricht die Therapie das letzte Wort. Die Röntgenuntersuchungen bei Manifestationen der Syphilis in anderen Organen sind in einem Schlußkapitel nur anhangsweise zu Wort gekommen. Carl Klieneberger.

Internationale Fachliteratur.

Journalliteratur.

Zeitschrift für klinische Medizin. 81. Band, Heft 3 u. 4.

A. d. Silva Mello: **Biologische Wirkung des Thorium X.** Die Versuche wurden an Kaninchen, denen Thorium X unter die Rückenhaut eingespritzt wurde, angestellt. Derart, daß das Präparat einmal oder mehrmals in tödlicher oder kleinerer Dosis injiziert wurde, daß die Tiere nach natürlichem Tode oder früher untersucht wurden. Danach ist das Thorium X imstande, nicht nur akut tödlich zu vergiften, sondern auch eine chronische, ev. nach Monaten zum Tode führende Vergiftung zu erzeugen. Eine kleine Dosis, die ein nicht vorbehandeltes Tier kaum beeinflußt, kann als zweite Injektion ein anscheinend gesundes Tier schwer schädigen oder töten. Die chronische Vergiftung kann nicht im Zusammenhang mit Schädigung der blutbildenden Organe gebracht werden. Die Leukopenie erscheint als nebensächliches Symptom. Sie braucht nicht Ausdruck der Vorgänge zu sein, die sich in den blutbildenden Organen abspielen. Hämoglobin und rote Blutkörperchen können erheblich überkompensiert werden, während Körpergewicht und Leukozytenzahl stark beeinträchtigt sind. Thorium X schädigt myelogenes Gewebe früher und stärker als das lymphoide Gewebe. (Bei Lymphämie können Thorium X-Injektionen völlig analog der Röntgenbestrahlung einwirken. (D. R.)

Zentralblatt für Herz- und Gefäßkrankheiten. 7. Band, Heft 24.

L. Huismans: **Telekardiographie.** Die Telekardiographie gestattet vermöge der Anwendung der Verspätungsuhr eine beliebige Phase im Ablauf der Herzfunktionen herauszugreifen. Die telekardiographischen Werte sind durchschnittlich 6—10 mm größer als die orthodiagraphischen Werte. H. führt es auf „das schärfere Gesicht der photographischen Platte" zurück. Als Bildentfernung wird 165 cm genommen. Der Schließungsstrom muß abgedrosselt werden. Härtere Röhren sind nicht zweckmäßig. Es empfiehlt sich bei jüngeren, schlanken Patienten nur einen Verstärkungsschirm zu benutzen.

Dermatologische Zeitschrift. 1915, Heft 11.

P. Haslund: **Röntgenbehandlung der Mykosis fungoides.** Die Röntgenbehandlung der Mykosis fungoides ist rein symptomatisch, sie versagt im Endstadium. In einzelnen Fällen wirkt übrigens eine systematisch durchgeführte Röntgenbehandlung nur ganz vorübergehend. H. veröffentlicht zwei Beobachtungen von Mykosis fungoides mit unerwartet kräftiger Röntgenreaktion und auffällig rasch vorübergehender Lokalwirkung.

American Journal of Röntgenology. März 1916.

Alexander B. Moore und R. D. Carman: **Metastatische Lungentumoren.** Zusammenfassender Bericht über 21 Fälle mit positivem Ergebnis, Reproduktion von fünf Abbildungen. Die Schlußfolgerungen, daß metastatische Lungentumoren häufig bei verschiedenartigem Sitz des Primärherdes, von diesem in ihrer Größe unbeeinflußt, gelegentlich ohne klinische Erscheinungen vorkommen, stellt nichts Neues dar. Auch daß die Röntgenuntersuchung des Brustkorbes gelegentlich vor unberechtigtem chirurgischen Eingreifen bewahren kann, ist bekannt.

Kennon Dunham: **Die Röntgendiagnose der Lungentuberkulose.** Die Röntgenuntersuchung der Lungen gestattet die pathologischen Veränderungen zu studieren. Die baumartige Verästelung der Schatten beruht auf der Abbildung der Bronchien, der Gefäße und des zugehörigen Bindegewebes. Arterien und Bronchien strahlen von den Lungenwurzeln zusammen aus und überlagern sich mitunter. Beide sind von Lymphgefäßen begleitet. Eine große Vene folgt jedem Hauptbronchus, folgt aber weniger dicht als die Arterie. Die kollateralen Venen verlaufen von den kollateralen Bronchien möglichst entfernt. Tuberkulöse Erkrankung verändert die homogene Struktur (abnorme Schatten, Tuberkel entlang dem Bronchialbaum [besonders in Kreuzungen desselben], mitunter mit Einbruch in die Bronchien). Wertvoll ist die stereoskopische Untersuchung. Man soll nicht fragen, ob die Röntgenuntersuchung eine Frühdiagnose der Tuberkulose gestattet. Sicherer beweist die Röntgenuntersuchung öfters das Bestehen von Tuberkulose und gestattet meist prognostische Schlüsse (Höhlen, basale Erkrankung).

April 1916.

William H. Stewart: **Röntgendiagnostik bei Affektionen des Magen-Darm-Traktus.** Kasuistik von sieben Fällen, die chirurgisch kontrolliert werden konnten. Die Röntgenuntersuchung ergab bestimmte Direktiven für das chirurgische Eingreifen (Gallensteine mit Kompression des Zwölffingerdarms, Verbindung der Gallenblase mit dem Querkolon, Appendizitis usw.).

Arthur Fenwich Holding: **Röntgen-Tiefenbehandlung bösartiger Geschwülste.** Bericht über die Erfahrungen aus drei Jahren, mit einer Reihe von Abbildungen von Gesichts- und Brustgeschwülsten. Die physikalischen Methoden beeinflussen oberflächlich entwickelte, bösartige Geschwülste besser als chirurgische Eingriffe. Die Tiefentherapie ist die Methode der Wahl bei inoperablen Fällen und zeitigt mitunter erstaunliche Besserung. Tiefentherapie sollte regelmäßig nach chirurgischem Vorgehen angewandt werden. Aus der Kasuistik ist bemerkenswert, daß durch die Röntgenstrahlen ein Hodenkarzinom und eine Karotisdrüsengeschwulst günstig beeinflußt wurden.

Isaac Gerber: **Das „Polygramm" bei Gastro-Duodenal-Diagnostik.** Gerber verwendet die Technik Levy-Dorns: auf einer Platte werden zwei Aufnahmen gemacht, bei tiefer Einatmung. Das Intervall zwischen den Aufnahmen beträgt acht Sekunden. Jede Aufnahme wird normal exponiert. Es empfiehlt sich mitunter in liegender und stehender Stellung zu polygraphieren. Die Platten zeigen gewöhnlich beide Phasen der Magen-Duodenalbewegung. G. bildet normale Polygramme, Hypermotilität, Geschwürsprozesse, Verlagerung und Ausfall bei Karzinom ab. Das Polygramm ersetzt keineswegs die Serien-Photographie. Das Verfahren spart aber häufig Zeit, Mühe und Geld.

Annals of Surgery. Januar 1915.

George Emerson Brewer und Lewis Gregory Cole: **Die Röntgendiagnostik bei chirurgischen Erkrankungen des Magens und Zwölffingerdarms.** Kasuistik von 27 Fällen mit 28 Abbildungen. Unter 22 Fällen erwies sich die Röntgendiagnose bei der nachfolgenden Operation 20 mal korrekt. 5 Fälle sind in der Statistik nicht verwertet, weil ungewöhnliche Veränderungen vorlagen oder die klinische Beobachtung ungenügend erschien. Die Röntgenmethode erfordert viel Zeit und viel Geld, zumal wenn man wie notwendig Serienphotographien zur Anwendung bringt.

Medical Review of Reviews. November 1914.

Lewis Gregory Cole: **Die Coolidge-Röhre.** Die Einführung der Coolidge-Röhre bedeutet eine neue Ära der Röntgentherapie. Die Coolidge-Röhre gestattet bei Filterung durch 3 mm Aluminium in einer Minute in drei Zoll Tiefe eine Erythemdose zu applizieren. Die Anwendung der Coolidge-Röhre setzt Kreuzfeuermethodik voraus. Besonders wertvolle Dienste leistet das Verfahren in der Nachbehandlung nach Operationen.

Journal of the american Association. August 1915.

Floyd E. Keene und Henry K. Pancoast: **Über Pyelographie.** Die Pyelographie ist nicht ungefährlich. — Freilich die Mehrzahl von Unglücksfällen nach Kollargolinjektionen ist auf mangelhafte Technik zurückzuführen. Das normale Becken wird mit 2—5 ccm gefüllt; Instrumentalverletzungen oder durch Krankheit bedingte Zerstörung kann öfters tiefes Eindringen der Injektionsflüssigkeit zur Folge haben. Die besten Dienste leistet die Pyelographie für die Diagnose kongenitaler Veränderung und früher Stadien der Hydronephrose.

The Canadian Medical Association Journal. November 1914.

Lewis Gregory Cole: **Ileal Stasis.** Stase im Ileum kann durch unvollständige Entleerung des Coecum und aufsteigenden Kolons, durch Adhäsionen am Ileum oder Kolon, Insuffizienz der Coecalklappe, chronische Appendizitis bedingt sein. Differentiell vermag darüber die Röntgenuntersuchung aufzuklären. Die häufigste Folge von Ileal Stasis ist Stasis im Kolon. Die Folgen von Insuffizienz der Coecalklappe sind mitunter erhebliche Intoxikationen. In solchen Fällen werden häufig Gallensteine, Blinddarmentzündung, Migräne diagnostiziert. Vor unnötigen, und nicht genügend begründeten chirurgischen Eingriffen ist zu warnen.

American Journal of the Medical Sciences. Juli 1914.

Lewis Gregory Cole: **Veränderung im Dünndarm mit Magenstörungen und Bulbusveränderungen.** Als Folge chronischer Appendizitis können Veränderungen in der Magenentleerung, in der Peristaltik des Pylorus, abnorme Kontraktionserscheinungen im Bulbus resultieren. Erweiterungen des Endteils des Ileum kann Retention im Magen und Zwölffingerdarm zur Folge haben. In der rechten Hälfte des Abdomens sich abspielende Prozesse beeinflussen Lage und Entleerung des Bulbus. Eine genaue Röntgenuntersuchung (10 Stunden nach einer Wismutmahlzeit und dann erfolgender Neufüllung) klärt zweifelhafte Unterleibserkrankungen und macht häufig eine Probelaparatomie überflüssig.

Lancet. Mai 1914.

Lewis Gregory Cole: **Ulcus post-pyloricum.** Cole ersetzt den Namen Ulcus duodeni durch Ulcus post-pyloricum. Für die Darstellung des Ulcus post-pyloricum ist die Anwendung der Serien-

Röntgenologie und der Röntgen-Kinematographie unbedingt erforderlich. 24 Bilder verschiedener Phasen aus verschiedenen Zyklen sind wichtiger als 24 Aufnahmen aus verschiedenen Phasen eines Zyklus (Momentaufnahmen!). Cole bildet einige Fälle von Geschwürsprozessen mit Verzerrung, Ausfall bzw. Retention des Bulbus duodeni ab.

Annals of Surgery. September 1914.

B. A. Thomas und H. K. Pancoast: **Zur Pathologie und Therapie der Samenblasen.** Erkrankungen der Samenblasen bedingen vielfach infektiöse, nervöse, kryptogene und arthritische Erkrankungen (vgl. Fuller, der Gicht, chronischen Rheumatismus, Muskel- und Rückenmarkerkrankungen darauf zurückführt). Aufschlüsse über die häufige Erkrankung der Prostata, der Samenleiter und der Samenblasen kann die Röntgenuntersuchung nach Vasopunktur und Kollargoleinspritzung geben. Das Verfahren kommt neben der Massage und Vaccination gleichzeitig als therapeutische Methode in Betracht. Die häufige Untersuchung der Samenblasen zeigt u. a., wie häufig chronische Entzündungen der Samenblase mit Erkrankung der Harnwege vergesellschaftet sind. C. Klieneberger.

Phil. Mag. and Journ. of Science. Vol. 30, Nr. 177, Sept. 1915, S. 339 u. ff.

Rutherfort, Barnes and Richardson: **Maximum frequency of the X rays from a Coolidge tube for different voltages.** Die Absicht der Verfasser ist, den Zusammenhang zwischen der Geschwindigkeit der Kathodenstrahlen und der Frequenz der durch sie erzeugten Röntgenstrahlen zu bestimmen. Da in einer Röntgenröhre außer der Strahlung, die durch die sofortige vollständige Abbremsung der auf die Antikathode anprallenden Elektronen erzeugt wird, noch weichere Strahlen entstehen, die eine Folge der bereits in den Oberflächenschichten der Antikathode vorgebremsten Elektronen sind, so ist also nur die härteste bei einer gegebenen Röhrenspannung entstehende Strahlung zu berücksichtigen. Versuche an einer gewöhnlichen Röntgenröhre scheiterten an der ungenügenden Konstanz des Vakuums während der Entladung. Sie konnten erst wieder aufgenommen werden, als sehr vollkommen entlüftete Röntgenröhren mit Glühkathoden in den Handel kamen. Einmal konnte man den Bereich der Untersuchung viel weiter treiben und höhere Spannungen bis zu 175000 Volt wählen. Andererseits lagen viel reinere Verhältnisse vor. Z. B. fanden die Verfasser, daß die Intensität der Strahlung genau proportional dem Röhrenstrom oder, was dasselbe ist, der Zahl der aufprallenden Elektronen ist. Die Intensität war daher bei den Messungen leicht zu berücksichtigen.

Die Verfasser messen den durch die gefilterte Röntgenstrahlung in einer Ionisationskammer hervorgerufenen Ionisationsstrom. Die Filter bestanden aus Aluminiumschichten, deren Dicke geändert wurde. Bei Auftragen der gemessenen Ionisationsstromstärken über der entsprechenden Dicke der Aluminiumschicht entstehen Kurven, die sehr bald in Gerade übergehen, welche bis zur vollkommenen Absorption der Strahlung reichen. Dies ist ein Beweis dafür, daß die durch stärkere Filter gelieferte Reststrahlung genügend homogen ist. Daher wurde der Absorptionskoeffizient dieser Strahlung bei Aufstellung des Gesetzes über den Zusammenhang zwischen Röhrenspannung und Strahlenhärte zugrunde gelegt. Welchen Anteil die außer dieser härtesten gelieferte weichere Strahlung von der Gesamtstrahlung einer Röhre bildet, und wie die Verhältnisse bei den einzelnen Röhrenarten liegen, wurde nicht untersucht.

Während der einzelnen Versuchsreihen mußte zur Erreichung brauchbarer Ergebnisse genau die gleiche Spannung aufrecht erhalten bleiben. Die Verfasser verwendeten daher als Stromquelle eine Influenzmaschine, deren Spannung sie mittels Gleichstromgalvanometer sehr genau messen konnten. Infolge der geringen Leistungsfähigkeit solcher Stromquellen konnte indessen die Spannung nicht hoch genug getrieben werden. Die Verfasser gingen daher zum Schlusse zu Induktoren als Stromquellen über. Dies konnten sie nach dem Ergebnis vorläufiger Messungen tun, da es nur auf die Untersuchung der jeweils gelieferten härtesten Strahlung ankam. Die experimentell ermittelte Abhängigkeit der Frequenz oder der Wellenlänge der jeweils erzeugten härtesten Röntgenstrahlen von den einzelnen Röhrenspannungen weicht von der theoretisch erwarteten mit wachsender Spannung immer mehr und mehr ab. Nach der Quantentheorie müßte die Frequenz der Strahlung der angelegten Spannung vollkommen proportional sein, d. h die Kurve der über den Spannungen aufgetragenen Frequenzen müßte eine Gerade sein. In Wirklichkeit aber fanden die Verfasser, daß die Kurve von 10000 Volt an (wohl die geringste Spannung, bei der die Glaswand der Röhre durchdringende Strahlen festgestellt wurden) zunächst ein wenig von der theoretischen abkrümmt, dann ständig mehr und mehr, bis sie bei etwa 175000 Volt schließlich überhaupt nicht mehr ansteigt. Die Verfasser vermuten, daß eine weitere Steigerung der Röhrenspannung über 175000 Volt hinaus die Frequenz der härtesten Strahlung nicht mehr ändert.

Für diese sonderbare Erscheinung, die natürlich nicht auf die Untersuchung verwendete besondere Röhrenart beschränkt ist, sondern allgemein für die Röntgenstrahlenerzeugung gilt, wird ein Erklärungsversuch gegeben, der an das von Bohr angegebene Atommodell anknüpft. Indessen sind nach Ansicht der Verfasser die Verhältnisse noch vollkommen ungeklärt, und es wären weitere vergleichsweise Versuche besonders mit Röhren notwendig, deren Antikathoden aus anderen Stoffen bestehen.

—. X.

Zentralblatt für Chirurgie. 1916. Nr. 20.

Keppich: **Uber Entfernung von Geschossen.** Eine Lokalisationsmethode, die Verfasser an über 100 Fällen probiert hat, ohne daß ein Versager eingetreten ist. Es wird folgendermaßen vorgegangen: Zunächst wird mittels des Rotationsverfahrens in einer orientierenden Durchleuchtung der Punkt der Haut festgestellt, dem das Geschoß am nächsten liegt und markiert, dann wird der Patient im Röntgenraum zur Operation vorbereitet und eine Nadel entsprechend der Richtung des Geschosses eingestochen. Dann wird unter Kontrolle des Röntgenschirmes das Geschoß mit der Nadel berührt und diese um etwa 1 cm vorbeigeschoben. Nunmehr kann die Operation bei Tageslicht vorgenommen werden.

1915. Nr. 22. Orth: **Traumatische Luxation der I. Phalanx der rechten kleinen Zehe im Metakarpophalangealgelenk** (soll wohl heißen Metatarsophalangealgelenk. Ref.). Kasuistischer Beitrag: Die Ursache der seltenen Verletzung bestand darin, daß ein Reiter mit seinem Pferd stürzte, wobei das rechte Bein und der rechte Fuß unter den Pferdekörper gerieten. Die Röntgenaufnahme ergab eine Luxation im Metatarsophalangealgelenk der rechten kleinen Zehe. Die Reposition wurde blutig vorgenommen mit gutem Erfolg.

1916. Nr. 25. Flesch-Thebesius: **Über einen Fall von Luxation des Os lunatum mit Fraktur des Os naviculare und des Os triquetrum.** Die im Titel beschriebene Verletzung wird durch zwei Röntgenbilder demonstriert. Das Os lunatum mit dem frakturierten Teil des Navikulare wurde exstirpiert, es trat vollkommene Heilung ein mit gutem funktionellem Erfolg. Es ist hervorzuheben, daß es sich nicht um eine volare oder dorsale Luxation eines Handwurzelknochens handelte, sondern um eine komplette Luxation des Os lunatum in der Handwurzelreihe selbst. Hayward.

Druck von Hesse & Becker in Leipzig.

Anweisung für die Verpackung von Platten.

Infolge mangelhafter Verpackung erhält die Redaktion die zur Reproduktion bestimmten Platten sehr häufig in zerbrochenem Zustande. Um die Autoren vor Schaden zu bewahren, empfehlen wir die Platten durch einen Sachverständigen (Glaser, Photograph) verpacken zu lassen. Sollte dieses nicht möglich sein, so verfährt man zweckmässig in folgender Weise. Die zum Postversand bestimmten Platten werden in Seidenpapier (nicht in Zeitungspapier) eingewickelt, in einen leeren Plattenkasten von gleichem Format verpackt. Für den Fall, dass sie den Kasten nicht vollständig ausfüllen, muss der übrig bleibende Raum mit Watte prall ausgefüllt werden. Der Plattenkasten wird alsdann mit Bindfaden verschnürt und nunmehr in einer Kiste sorgfältig mittelst Holzwolle verpackt. Der Plattenkasten kann auch in einer dicken Umhüllung von Holzwolle mittelst Packpapier umwickelt und verschnürt werden. Jedenfalls muss im letzteren Falle die Schicht der Holzwolle so dick genommen werden, dass etwaige Stösse nicht bis auf den Kasten durchzudringen vermögen.

Manuskripte sind an die Redaktion, Prof. Dr. Albers-Schönberg, Allgemeines Krankenhaus St. Georg, Hamburg 5, zur Reproduktion bestimmte Platten direkt an den Verlag zu richten. Druckschriften können auch auf dem Buchhändlerwege durch die Verlagsbuchhandlung Lucas Gräfe & Sillem in Hamburg übermittelt werden.

Für die Tafeln bitten wir der Verlagsbuchhandlung nur tadellos ausgeführte Abzüge zu senden oder, falls solche nicht vorhanden, die Original-Negative.

Unsere Herren Mitarbeiter erhalten 10 Separatabdrücke von den Tafeln und 25 Abzüge ihrer Arbeit gratis nach Drucklegung des Heftes.

Druck von Hesse & Becker in Leipzig.

Band XXIV Ausgegeben am 22. März Heft 5

Fortschritte

auf dem Gebiete der

Röntgenstrahlen

Unter Mitwirkung von

herausgegeben von

Professor Dr. Albers-Schönberg

Hamburg

Lucas Gräfe & Sillem

(Edmund Sillem)

1917

Die Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen erscheinen bei Lucas Gräfe & Sillem in Hamburg, Kaiser-Wilhelm-Strasse 82 I, in Bänden von je 6 Heften. Abonnementspreis 30 Mark pro Band.

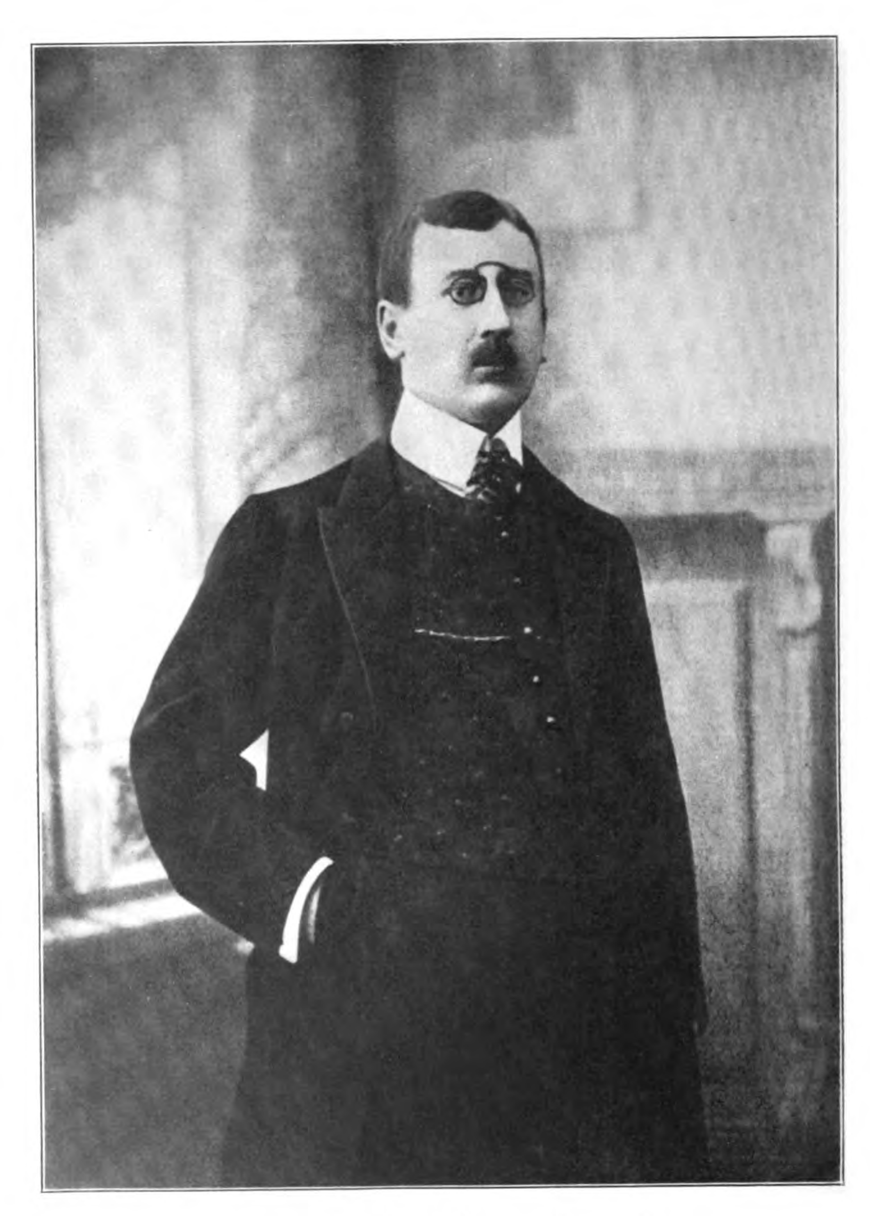
Inhalt.

Sachregister.

Literatur-Register der Fortschritte 1897—1907 in Band XI. (Sep.-Abdruck Preis M. 1.—)

Namenregister (ein * bedeutet Originalartikel).

(Fortsetzung auf Seite 3 des Umschlages.)



Prof. Dr. Faulhaber

Arbeiten und Verhandlungen

des

Sonderausschusses für Röntgenstrahlenmessung

der

Deutschen Röntgengesellschaft.

IV. Gruppe, abgeschlossen am 15. VI. 1916[1]).

Die folgenden sechs Arbeiten beschäftigen sich zum Teil mit der geradlinigen Fortführung unseres ursprünglichen Weges, zum anderen Teil mit dem Ausbau bereits zurückgelegter und endlich mit der Revision verlassener Wege.

Der ungemein glückliche Gedanke Christens, den härteabhängigen Dosimeter durch bloßes Vorschalten eines ziemlich einfachen Absorptionskörpers zum härteunabhängigen Flächenenergiemesser zu machen[2]), ist so überraschend und so wenig imaginierbar, bezüglich seiner Kritik und Nachprüfung derart auf die Mathematik angewiesen, daß wir wohl alle den Wunsch hatten, es möge uns nur ja kein in der Ableitung steckender Irrtum die schöne Lösung wieder entreißen.

Der Vorsitzende hat darum unseren Gast, Herrn R. Grann, aufgefordert, nach einer Probe auf die Richtigkeit zu suchen. Als Resultat enthält die erste Arbeit eine andere Art von Ableitung des Christenschen Absorptionskörpers, welche zum gleichen Resultat führt. Was uns aber jetzt noch unzugänglich bleibt, ist die Vorstellbarkeit, die Intuitionsfähigkeit der Christenschen Lösung und ich glaube damit einem allgemeinen Wunsch Ausdruck zu verleihen, wenn ich Herrn Christen bitte, mitzuteilen, auf welchem Wege diese gefunden wurde.

Die fünfte Arbeit bringt ein Beispiel der Verwertung der bisherigen Leistungen des Sonderausschusses und zeigt ihre praktische Verwendbarkeit in einem therapeutischen Betriebe.

Die Kommissionsarbeit hat sich unvermerkt völlig jenen früher sogenannten direkten Methoden ergeben, welche die Röntgenstrahlen-Absorption verwerten, während die quantitative und qualitative Erschließung der Strahlen aus den Resultaten der Strom- und Spannungsmessung, welche früher gerade von den Physikern bevorzugt wurde, unversehens außer Betracht gekommen ist.

In der Absicht hier nicht etwa einen brauchbaren Weg unbenützt zu lassen, ist die in der letzten Arbeit enthaltene Untersuchung entstanden. Holzknecht.

---

[1]) Einsetzung der Kommission und frühere Arbeiten und Verhandlungen, Gruppe I, II und III in Band XXIII, Heft 1, Seite 70; Heft 3, Seite 213 und Heft 6, Seite 521.

[2]) Diese Arbeiten, Gruppe III.

I.

Aus dem Zentral-Röntgenlaboratorium des k. k. allgemeinen Krankenhauses in Wien,
Vorstand Professor Holzknecht.

Das Christensche Integraliontometer.*

Eine Ableitung des Verfahrens und Besprechung seiner Vorbedingungen und Genauigkeit.

Von

Richard Grann, physikalischer Mitarbeiter des Institutes, als Gast.

(Eingelangt am 15. Februar 1916.)

Christen hat vor kurzem an dieser Stelle[1]) und schon früher in der Physikalischen Zeitschrift[2]) ein neues Verfahren beschrieben, das für Messungen an Röntgenstrahlen und durchdringungsfähigen Strahlen überhaupt von großer Bedeutung zu werden verspricht. Es soll im folgenden das Wesen dieses Verfahrens besprochen und eine Ableitung desselben gegeben werden unter Hervorhebung derjenigen Punkte, welche der Methode den Charakter einer Näherung geben, einer vorzüglichen Näherung allerdings, wie hier gleich vorausgeschickt werden soll, und es sollen die Bedingungen festgestellt werden, welche ausreichende Genauigkeit gewährleisten.

Zunächst muß deutlich ausgesprochen werden, was das Verfahren eigentlich leisten soll. Es gestattet, unter bestimmten, näher zu erörternden Voraussetzungen solche Einwirkungen von Röntgenstrahlen auf gewisse Meßkörper zu erzielen, daß die im Meßkörper absorbierte Dosis stets unabhängig von der Qualität der Strahlen mit großer Annäherung der Intensität (beziehungsweise Flächenenergie) proportional ist. Woraus folgt, daß, falls der verwendete Meßkörper die Eigenschaft hat, die von ihm absorbierte Dosis unabhängig von der Qualität richtig anzuzeigen (A) (was bisher wohl bei vielen vermutet wird, jedoch noch bei keinem exakt nachgewiesen ist), man in der Lage ist, richtige Schlüsse auf die Intensität (beziehungsweise Flächenenergie) der Strahlung zu ziehen.

Das Christensche Integraliontometer erscheint also geeignet, die Röntgenstrahlen zu messen, ohne daß wir auf ihre Härte Rücksicht nehmen müssen. Wir werden die Erythemdosis ablesen, und bei der gleichen Zahl die Bestrahlung beendigen können, ob nun die Röhre vorher härter oder weicher war, ob durch 1 oder 5 mm Aluminium filtriert wurde. Die bisherige Art zu messen war nämlich nicht nur umständlich, sondern zu dem auch ganz ungenau, weil die zu berücksichtigende Härte überhaupt nicht glatt in Rechnung gestellt werden konnte. Es gibt ja bekanntlich kein einziges die Härte richtig angebendes Instrument und was wir bisher Dosierungstechnik nannten, war nur scheinbar exakt, in Wirklichkeit nicht mehr als eine grobe Schätzung. Daher die großen Differenzen in den Zahlenangaben der einzelnen Forscher und die Unmöglichkeit, die Angaben der einen an anderer Stelle zu registrieren, ohne verschiedene Resultate zu erhalten.

Nun bringt Christen eine ganz wunderbar einfache Lösung dieser Aufgabe; so einfach, daß wer den mathematischen Beweis nicht verfolgen kann, — Christen hat ihn in der Physikalischen Zeitschrift erbracht, — das einfache keilförmige oder anders geformte Gerät, das durch bloße Zwischenschaltung die Dosismessung in eine Flächenenergiemessung umwandeln soll, mit skeptischen Blicken betrachten wird. Daher lohnt es sich, die mathematische Ableitung des Prinzips nochmals und von andern Ausgangspunkten her zu unternehmen und mitzuteilen.

---

[1]) Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen XXIII.

[2]) Physikalische Zeitschrift, Heft 10, 1915.

Erreicht wird die Proportionalität von Dosis und Intensität dadurch, daß die Strahlung, bevor sie den Meßkörper trifft, ein Filter passiert, dessen Dicke, je nach der Form der Grundfläche des Meßkörpers, nach einem bestimmten Gesetze ansteigt; für gewöhnlich kommt nur der geradlinige Anstieg (Keil) für rechteckige Grundflächen und das Rotations-Paraboloid für Kreisform in Betracht.

Da das Filter, das die Strahlen zu durchdringen haben, nicht an allen Stellen von derselben Dicke ist, so folgt sofort, daß nur gewisse Meßverfahren mit dem Christenschen Keil unmittelbar verbunden werden können, nämlich nur jene, wo das Meßinstrument, trotzdem es an verschiedenen Stellen von Strahlen, deren Intensität durch die verschiedenen durchsetzten Filterdicken auf ungleiche Werte herabgesetzt wurde, doch ohne weiteres einen richtigen Mittelwert anzeigt, also sozusagen automatisch integriert; dies tun die ionometrischen Methoden, am bequemsten jene, welche direkt den durchfließenden Strom anzeigen, ohne daß man erst die Entladung eines Kondensators in bestimmter Zeit zu untersuchen braucht.

Ein solches über den Querschnitt des einfallenden Strahlenbündels integrierendes Meßverfahren ist zunächst vorausgesetzt (1).

Wir setzen weiter voraus, daß dieses Meßverfahren richtig integriert, und zwar in zweierlei Hinsicht: es soll eine bestimmte absorbierte Strahlenenergie im Meßkörper stets gleich angezeigt werden, gleichgültig, in welcher Tiefe von der Oberfläche aus gerechnet ihre Absorption erfolgt; das heißt also, auch unabhängig von der Härte, denn verschieden harte Strahlen gelangen in verschiedenen Tiefen zur Absorption (2).

Diese Bedingung (2) wird allerdings gegenstandslos bei Einhaltung der später erwähnten Bedingung (6): unendlich dünne, beziehungsweise unendlich wenig absorbierende Schicht. Ähnlich soll auch die Dosis stets in gleicher Weise richtig angezeigt werden, unabhängig davon, an welcher Stelle des Meßkörpers diese Dosis auftrifft; das heißt, über den Querschnitt des Strahlenbündels soll alles gleichwertig zur Wirkung kommen (3).

Bedingung (2) wird von den Ionometern, vermöge des kleinen Absorptionskoeffizienten der Luft sehr gut erfüllt. Bedingung (3) kann durch geeignete Form gewiß mit sehr guter Annäherung erreicht werden und falls dies nicht möglich sein sollte, könnte der Fehler durch entsprechende Korrektur der Form des Filterkörpers behoben werden.

Ferner sollen die Strahlen, wie dies gewöhnlich geschieht, als parallel angenommen werden können; ein hinreichender Abstand vom Fokus ist also vorausgesetzt (4).

Wir stellen uns nun die Aufgabe, die Gestalt jenes absorbierenden Körpers I zu finden, der auf einen anderen Körper II von gegebener Oberfläche (z. B. Rechteck, Kreisfläche) gelegt, eine derartige Absorption bei einer jeden homogenen und mithin auch bei einer komplexen Strahlung, die sich ja aus homogenen Bestandteilen, wenn auch aus unendlich vielen, von einzeln unendlich kleiner Intensität zusammensetzt, bewirkt, daß unabhängig von der Strahlenhärte vom Körper II (der ein richtiges Dosimeter, das die Bedingungen (1) (2) (3) erfüllt, sein soll) Dosen absorbiert werden, welche der Intensität (beziehungsweise Flächenenergie) vor Eintritt der Strahlung in Körper I proportional sind.

Wir wollen die erforderliche Dicke des Körpers I an jeder Stelle bestimmen und wollen ferner voraussetzen, daß weder im ersten noch im zweiten Körper selektive Absorption stattfindet, die Absorptionskoeffizienten also in beiden Körpern für Strahlen gleicher Härte proportional sind, sich nur um einen konstanten Faktor m unterscheiden $\alpha_1 : \alpha_2 = 1 : m$. Ein ebenfalls zulässiger Sonderfall wäre der, daß Körper I und II aus demselben Stoff bestehen, also $m = 1$ ist, wobei dann auch selektive Absorption den Erfolg nicht beeinträchtigt. Der eben erwähnten Bedingung kann in ausreichender Weise entsprochen werden, durch einen Körper I aus Aluminium oder sonst einem Material, dessen selektive Absorption gering ist, beziehungsweise in einem Strahlungsgebiet liegt, welche so weich ist, daß sie für die Messung nicht in Frage kommt.

Wir betrachten zunächst den Fall mit rechteckiger Grundfläche. Die Intensität einer

homogenen Strahlung sei J_o, durch den ersten absorbierenden Körper wird sie reduziert auf $J_o\, e^{-\alpha_1 x_1}$, wo α_1 und x_1 Absorptionskoeffizient und Dicke des Körpers I sind. x_1 ist dabei eine Funktion des Ortes und zwar, wenn die rechteckige Grundfläche die Dimensionen $r \times b$ hat, von r allein, d. h. wir wollen uns zunächst vorstellen x sei von r allein abhängig; es lassen sich dann auch Lösungen finden, bei denen x eine Funktion von r und b ist, dies wäre aber eine unnötige Komplikation; der Körper I hat also zur oberen Begrenzung eine Zylinderfläche, deren Leitlinie wir erst bestimmen müssen und deren Erzeugende parallel b sind.

Noch eine vereinfachende Annahme müssen wir machen: Die Absorption im Meßkörper II, sei so gering, daß die in ihm absorbierte Strahlenenergie ohne wesentlichen Fehler dem Absorptionskoeffizienten α_2 und der Dicke der Schicht proportional gesetzt werden kann (6); dies trifft beim Iontometer infolge des außerordentlich kleinen Absorptionskoeffizienten der Luft in hohem Maße zu¹).

Die vom Körper II angezeigte Dosis ist dann $D = k \int_0^r J_o\, e^{-\alpha_1 x_1}\, \alpha_2\, df$, wo $df = b\,dr$,

$\alpha_2 = m\alpha_1$; dies gibt $kmbJ_o \int_0^r e^{-\alpha_1 x_1}\, \alpha_1\, dr$; es soll dieses Integral unabhängig werden von α_1, wenn man für x eine geeignete Funktion von r wählt; nun ist leicht einzusehen, daß $\int_0^r e^{-\alpha_1 f(r)}\, \alpha_1\, dr$ von α_1, nur unabhängig wird, wenn $e^{-\alpha_1 f(r)} = \frac{1}{\alpha_1}$, $f(r) = \frac{l\alpha_1}{\alpha_1}$, was falsch ist, das heißt der Forderung widerspricht, daß $x_1 = f(r)$ sein soll, und zwar von r allein abhängig, nicht auch von α_1; setzt man $f(r) = k'r$, so verschwindet α_1, wohl als Faktor, nicht aber als Exponent; als solcher verschwindet er erst dann, wenn $r = \infty$ wird, wenn also die eine Dimension des Körpers ins unendliche sich erstreckt (7), was natürlich nie vollkommen durchführbar, in hinreichender Annäherung aber sehr gut zu erreichen ist.

$$\int_0^\infty e^{-\alpha_1 k'r}\, \alpha_1\, dr = 1 - e^{-\alpha_1 k'r} = 1 - 0 = 1 \text{ für } r = \infty,$$

das besagt, das Integral nimmt in diesem Falle den Wert 1 an, unabhängig von α_1, und es wird absorbiert und als Dosis angezeigt $D = kmb\,J_0$; dabei ist $K' = tg\varrho$, wo ϱ der Neigungswinkel der Keilfläche ist, aus der Rechnung gefallen; die Steigung des Keils ist also vollkommen gleichgültig, Bedingung ist nur, daß man sich möglichst $r = \infty$ nähert, dies geschieht, indem man den Keil in der Richtung r lang macht; je stärker er aber geneigt, also je größer $k' = tg\varrho$ ist, um so weniger tritt auch bei kurzem Keil der Fehler hervor; es kommt im wesentlichen darauf an, daß an der dicksten Stelle des Keiles die Strahlung nahezu vollständig absorbiert wird, auch von den härtesten Bestandteilen nur mehr verschwindend wenig zum eigentlichen Meßkörper gelangt, während am anderen Ende bei $r = 0$ die Strahlung denselben ungeschwächt trifft. Der Fehler, der durch die endliche Länge des Keils verursacht wird, ist nämlich der, daß man 0 statt $e^{-\alpha^1 k'r}$ gesetzt hat; will man z. B. 99⁰/₀ Genauigkeit (das gilt nur hinsichtlich der Fehlerquelle, die in der endlichen Keilgröße liegt, nicht etwa für die sonst in der Messung möglichen, bereits früher erwähnten Fehler), so muß $e^{-\alpha_1 k'r} < 0.01$, $\alpha_1 k'r > 4.60$ sein; hat man im Durchschnitt mit Strahlung von 5 cm Halbwertschicht zu rechnen, was gewiß nicht der Fall sein wird, so ist $\alpha = 0.693/5 = 0.14$ und $k'r > 33$.

Es wäre also für einen Keil aus Wasser k' etwa $= 3$ und $r = 11$ zu machen, er wäre ziemlich unhandlich, nimmt man aber Aluminium, so ist $\alpha_1 = 1.4$, $k'r = 3.3$ und es wäre etwa zu machen $k' = 1$, $r = 3.3$; kann der Fehler 2⁰/₀ betragen, so darf der Keil viel flacher sein.

¹) Bei hinreichend dünner Schicht, bzw. kleinen Absorptionskoeffizienten, unterscheidet sich $\alpha_2\, e^{-\alpha_2 x}\, dx$ nicht wesentlich von dem wahren Wert $1 - e^{-\alpha_2 x_2}$.

Für Kreisfläche haben wir: (r bedeutet hier den Radius):

$$D = k\int_0^r J_0\, e^{-\alpha_1 x_1}\, \alpha_2\, df = kmb\, J_0 \int_0^r e^{-\alpha_1 x_1}\, \alpha_1\, 2 r \pi\, dr = 2 kmb\, J_0 \pi \int_0^r e^{-\alpha_1 x_1}\, \alpha_1\, r\, dr,$$

setzt man $x_1 = k' r^2$, so wird $\int_0^\infty e^{-\alpha_1 k' r^2}\, \alpha_1\, r dr$, $r^2 = y$, $r = y^{\frac{1}{2}}$, $dr = \frac{1}{2} y^{-\frac{1}{2}}\, dy$, $\int_0^\infty e^{-\alpha_1 k y}\, \alpha \frac{1}{2}\, dy$,

damit ist dieses Integral auf das frühere zurückgeführt.

$$\text{Es ist } D = kmb\, J_0\, \pi \left(1 - e^{-\alpha_1 k' r^2}\right)\big|_{r=\infty} = kmb\, J_0\, \pi\,,$$

worin k', der Parameter der Parabel, nicht mehr vorkommt; daraus ersieht man, daß ihre Form beliebig ist, nur muß $r = \infty$ mit einer gewissen Annäherung erreicht werden, mit andern Worten: am Rande soll man der Totalabsorption nahekommen; für $99\,^0/_0$ Genauigkeit $\alpha_1\, k' r^2 > 4.60$, $\alpha_1 = 0.14$. Es muß $k' r^2 > 33$ sein, z. B. $r = 2$, $k' = 8.25$, bei $\alpha_1 = 1.4$, $k' r^2 > 3.3$
$r = 2$, $k' = 0.825$.

Die Gleichung der Parabel wäre $x_1 = 8.25\, r^2$ bei Wasser,
$x_1 = 0.825\, r^2$ bei Aluminium.

Darf der Fehler $2\,^0/_0$ betragen, so kann der Anstieg der Parabel viel flacher sein.

Die eingehende Betrachtung hat also ergeben, daß in dem Christenschen Verfahren nicht weniger als 7 Näherungen enthalten sind, zeigt aber gleichzeitig in überraschender Weise, daß diese Näherungen sämtlich in hohem Grade erreicht werden können, so daß sie sich als solche nicht fühlbar machen. Was für die eine homogene Strahlung gilt, gilt für jede andere und auch für ihre Gesamtheit, die wirkliche Röntgenstrahlung; es läßt sich ziemlich sicher voraussehen, daß die Größe des Fehlers, der sich aus der Summe der obigen ergibt und durch die Anwendung des Keiles allein verursacht wird, also nicht im Dosierungsinstrument gelegen ist (dieser letztere kommt dann noch hinzu), sich stets wird unter 2 bis $3\,^0/_0$, ja noch kleiner halten lassen, so daß er neben den Fehlerquellen der übrigen Messung verschwinden muß.

Es ist von Interesse, festzustellen, daß die erfolgreiche Anwendung des Christenschen Prinzips auf der Eigenschaft der e Funktion beruht, daß das oben behandelte Integral zwischen den Grenzen $r = 0$ und $r = \infty$ genommen unabhängig von α_1 denselben Wert hat und diese Annäherung an $r = \infty$ sehr leicht in dem Maße praktisch erzielt werden kann, daß ein Fehler nicht mehr ins Gewicht fällt.

II.

Aus dem Zentral-Röntgeninstitut des k. k. allgemeinen Krankenhauses in Wien,
Vorstand Professor Holzknecht.

Prüfung der Dosimeter mittels des Christenschen Integralabsorptionskörpers.

Von

Ing. **Rich. Grann,** physikalischer Mitarbeiter des Institutes.

Eingelangt am 15. Februar 1916.

Außer den in der vorstehenden Arbeit aufgezählten und besprochenen 7 Bedingungen für die Verwendbarkeit des Christenschen Prinzips wurde gleich zu Anfang unter A als grundlegende Bedingung erwähnt, daß der Körper II ein richtiger Dosimeter sein muß, worunter hier verstanden wurde, daß er gleiche Dosen, die in verschiedenen Härten gegeben werden, richtig als gleiche angibt, also richtig unabhängig von der Härte anzeigt, abgesehen von Bedingung (2), die allerdings auch mit der Härte zusammenhängt. (Es kann ein Dosimeter geben, das [2] erfüllt aber nicht (A), der umgekehrte Fall ist theoretisch wohl denkbar, praktisch könnte er jedoch nie gut verwirklicht werden.)

An dieser Stelle wurde bemerkt, daß die Eigenschaft, die Dosen verschiedener Härten richtig anzuzeigen, bei vielen Dosimetern wohl vermutet, noch nirgends jedoch exakt nachgewiesen ist; zu diesem Nachweis wären umständliche Vergleiche mit absoluter Strahlenmessung anzustellen, was infolge der großen Schwierigkeiten und Kosten, insbesondere aber der nahezu vollständigen Unmöglichkeit, mit homogenen Strahlen zu arbeiten, bisher nur ganz selten geschehen ist. Und so wäre es jetzt, wo man sich an den Gedanken gewöhnt hat, nicht mehr in jedem beliebigen Meßkörper bzw. Instrument eine Intensitätsmessung vor sich gehen zu sehen, wie man dies früher aus Bequemlichkeit anzunehmen pflegte, auch wenn kein Grund dazu vorlag, am Platze, die vorhandenen Mittel daraufhin zu prüfen, ob sie richtige Dosimeter sind, was zwar nicht so unmöglich, wie das andere, aber immerhin zweifelhaft genug ist.

Das Christensche Verfahren ermöglicht nun in einwandfreier, einfacher Weise ohne absolute Messung die Richtigkeit eines Dosimeters hinsichtlich Unabhängigkeit seiner Angaben von der Härte zu prüfen, wie eine einfache Überlegung lehrt.

Denken wir uns zwei Keile, — wenn man als Meßkörper solche hat, die selektine Absorption zeigen, hilft man sich am besten mit Keilen aus demselben Material, was die Fehler durch Sekundärstrahlung nicht ganz eliminiert, — von gleicher rechteckiger Grundfläche, jedoch verschiedener Steigung, also auch verschiedener Höhe am Ende, jedoch soll auch der dünnere am höheren Ende der Totalabsorption nahekommen, also Bedingung (6) erfüllen und bei irgendeiner beliebigen Röntgenstrahlung von der Intensität J den Meßkörper einmal mit dem einen, dann mit dem anderen Keil dieselbe Zeit bedeckt, so werden zwei verschiedene Dosen D_1 und D_1' angezeigt werden und natürlich auch zugeführt worden sein, da der dickere Keil mehr Strahlung absorbiert und weniger hindurchläßt.

Dabei ist die Strahlung, die in beiden Fällen den Meßkörper trifft, von verschiedener Härte, da die „Härtung“ durch die Keile verschieden stark war.

Wir messen nun eine andere Strahlung anderer Intensität J_2 und beliebig anderer Zusammensetzung mit Hilfe der beiden Keile und erhalten die Dosen D_2 und D_2'; wir wissen nun, daß die mit den gleichen Keilen gemessenen Dosen der Strahlung proportional sein müssen. Es muss sein auf Grund der früheren Auseinandersetzungen: $D_1 : D_2 = J_1 : J_2$ und auch $D_1' : D_2' = J_1 : J_2$, daher muß sich auch verhalten $D_1 : D_1' = D_2 : D_2'$, solche Dosen wurden wenigstens dem Instrument tatsächlich zugeführt und wenn es ein richtiges Dosimeter ist, muß es, welche Strahlung immer man mit den verschiedenen Keilen untersucht, stets entsprechende Angaben ergeben. $D_1 : D_1' = D_2 : D_2' = D_3 : D_3' = \ldots$, und die zugehörigen Angaben müssen sich dann verhalten wie $A_1 : A_1' = A_2 : A_2' = A_3 : A_3' = \ldots$

Damit ist eine Möglichkeit geboten, die Richtigkeit aller jener Dosimeter zu kontrollieren, welche den oben angeführten Bedingungen entsprechen.

III.

Aus dem Zentral-Röntgen-Institut (Vorstand: Prof. Holzknecht).

Über die Bedeutung des Einfallswinkels der Röntgenstrahlen.

Von

Karl Weissenberg, k. k. Ldst.-Ingenieur, mathematischer Mitarbeiter des Institutes.

Um die großen Schwierigkeiten einer exakten Dosimetrie zu überwinden, scheint es unbedingt notwendig zu sein, jede Eigenschaft der Röntgenstrahlen zur Konstruktion, Verbesserung oder Kontrollierung der Meßinstrumente zu verwenden. Die Unzulänglichkeiten resp. die Fehler der jetzt gebräuchlichen Radiometer, Härtemesser (Intensimeter, Dosimeter, Flächen-Energiemesser, Hautreaktionsmesser) sind bereits so häufig besprochen worden, daß ich hier nur ganz kurz auf sie hinweisen möchte.

Zweck dieses Aufsatzes ist es nun, auf eine Erscheinung aufmerksam zu machen, die bisher nur wenig Beachtung gefunden hat, mir aber dennoch geeignet erscheint, einige Fragen der Dosimetrie zu klären und eine Kontrolle der Radiometer abzugeben. — Da diese Erscheinung außerdem für den praktischen Therapiebetrieb von Wichtigkeit ist, so gliedert sich die Arbeit naturgemäß in zwei Teile. In dem ersten Teil sollen die für die Dosimetrie wichtigen, rein theoretischen Fragen abgehandelt werden, während im zweiten Teil die Anwendung ihrer Resultate auf die Therapie gegeben wird.

I.

Die beiden Quantitätsbegriffe, um die es sich bei der Messung der Röntgenstrahlen immer wieder handelt, sind Dosis und Flächen-Energie.

Es wird in diesem Zusammenhange nicht überflüssig sein, daran zu erinnern, daß in den ersten Zeiten der Röntgenologie über die Maße unserer Strahlen unklare und oberflächliche Vorstellungen herrschten. Was unsere Radiometer anzeigten, haben wir als Dosis bezeichnet und uns darunter ein Maß für die dem Patienten gespendete Lichtmenge vorgestellt. Da aber diese Instrumente einen großen Teil des einfallenden Lichtes durchlassen und nur den absorbierten anzeigen und bei verschieden hartem Licht verschieden durchlassen, so war diese Vorstellung falsch, und es hat daher Christen als „Dosis" den absorbierten aliquoten Teil der einfallenden Strahlen definiert und für die gesamte auf eine Flächeneinheit einfallende Strahlung einen neuen Terminus: „Flächen-Energie" geprägt.

Damit war schon viel gewonnen, denn es war aus diesen Überlegungen deutlich zu erkennen, daß für den Röntgenologen im allgemeinen zwei verschiedene Quantitätsangaben wichtig sein werden, die zwar voneinander abhängig, aber nicht identisch sind.

Um jedes Mißverständnis zu vermeiden und gleichzeitig die Begriffe möglichst zu klären, möchte ich sie anschaulich entstehen lassen.

Das Problem scheint mir zunächst am einfachsten in folgender Form gegeben zu sein: 1. Der Röntgenologe erzeugt mit Hilfe der Aparatur Röntgen-Energie[1]) und will wissen, wieviel er erzeugt; 2. die erzeugte Röntgen-Energie leistet Arbeit und es frägt sich, wieviel Röntgen-Energie dabei verbraucht wird.

Schon aus dieser Entstehungsgeschichte ist es klar, daß die Dosis (verbrauchte Menge) und die Flächen-Energie (erzeugte Röntgen-Energie) zunächst proportional sind, daß aber die Dosis (verbrauchte Menge) auch wesentlich von der Qualität (Härte) der erzeugten Röntgen-Energie abhängen wird. Ja, man bestimmt aus diesem Gesichtspunkt die Qualität einer Röntgenstrahlung und bezeichnet sie als hart oder weich, je nachdem ein bestimmter Stoff wenig oder viel von der auffallenden Röntgenstrahlung absorbiert. Aus dieser Darlegung erkennt man leicht, auf welchen Gebieten der eine Begriff und auf welchen der andere Begriff besser zu gebrauchen ist.

Handelt es sich z. B. um Hautreaktion, Tiefenwirkung, Verfärbungen (der photographischen Platte, Sab.-Plättchens), um Erzeugung von Wärme (Bolometer), um Ionisation (Ionometer, Iontometer), so hat man überall Arbeiten der Röntgen-Energie vor sich, die teils schädlich (Hautreaktion), teils nützlich (therapeutischer Effekt) alle von der „Dosis", d. h. nicht nur von der Menge, sondern auch von der Qualität der Strahlung abhängen. (Die im praktischen Therapiebetrieb gebräuchliche Beurteilung der Qualität der Strahlung nach dem Nutzen [therapeutischer Effekt] resp. nach dem Schaden [Hautreaktion], den sie erzeugt, deckt sich mit der oben angeführten.)

Handelt es sich hingegen darum, alle diese Effekte einheitlich darzustellen, eventuell zu berechnen, mit einem Wort, handelt es sich um die wissenschaftliche Darlegung all dieser

[1]) Wie sich zeigt, sogar verschiedene Sorten von Röntgen-Energie, nämlich harte, weiche, heterogene, homogene usw.

Effekte, so wird man am besten auf den gemeinsamen Ursprung zurückgehen, nämlich auf die Flächen-Energie und ihre Qualität. Somit wird dieser Begriff (Fl.-E.) hauptsächlich für Publikationen und Lehrbücher, der andere (Dosis) hingegen für den praktischen Betrieb am geeignetsten sein. Der Vorteil des Begriffes Flächen-Energie liegt eben darin, daß noch an keine bestimmte Verwendung der Röntgenstrahlen hierbei gedacht ist, er somit für sämtliche gleich gut paßt: ebenso klar ist auch die Schwierigkeit seiner Messung, da man gewöhnlich nur die geleistete Arbeit, also eigentlich „Dosis", mißt. Soll nun die geleistete Arbeit (Dosis) ein Maß der erzeugten Röntgen-Energie (Fl.-E.) sein, so muß erst nachgewiesen werden, daß für diesen Sonderfall die Verarbeitung der Röntgen-Energie eine derartige ist, daß die Qualität der Strahlung keine Rolle spielt, also weiche (schlechte) Röntgenstrahlen genau soviel Arbeit leisten wie harte (gute). Prinzipiell ist bereits ein solcher Apparat gefunden worden: nämlich der Christensche Flächen-Energiemesser. Inwieweit dieser auch den praktischen Anforderungen genügt, ist mir nicht bekannt. Es ist auch versucht worden, die Flächen-Energie direkt bei der Erzeugung am Sekundärstrom zu messen (Klingelfuß, Walter), doch scheinen sich diese Methoden in der Praxis nicht bewährt zu haben.

Zusammenfassend kann man also sagen: Sucht man ein Maß für die erzeugte Menge (Fabrikationsmaß), so kommt man zum Begriff der Flächen-Energie; sucht man ein Maß für verbrauchte absorbierte Menge, so wird man zu dem Begriff Dosis geführt.

Der Zusammenhang zwischen geleisteter Arbeit und Dosis.

Zunächst erkennt man aus dem allgemeinen Energiegesetz, daß mindestens ebensoviel Arbeit geleistet werden muß, als Röntgen-Energie verbraucht (im Körper absorbiert) worden ist. Die gesamte Röntgen-Dosis muß sich somit als Arbeit in irgendeiner Energieform wiederfinden (sei es als Wärme, Ionisierung, chemische Arbeit usw.), sonst wäre ja ein Teil der Röntgen-Energie verloren gegangen. Dagegen wäre es wohl möglich, daß mehr andere Energie in Erscheinung tritt, als Röntgen-Energie verbraucht wurde (katalysorische Wirkung der Röntgenstrahlen); doch will ich darauf nicht näher eingehen, da meines Wissens eine katalysatorische Wirkung der Röntgenstrahlen noch nirgends einwandfrei nachgewiesen werden konnte. Schließt man die katalysatorische Wirkung aus, so gilt die Gleichung:

Dosis = Summe aller anderen auftretenden Energieformen

$$D = {}_{a}\sum_{1}^{n} E_{a}.$$

Es gilt auch die Umkehrung, d. h., ist bei allen Erscheinungen die Summe der auftretenden Energieformen gleich der absoluten Röntgen-Energiemenge, so haben die Röntgenstrahlen keine katalysatorische Wirkung.

Die verschiedenen Radiometer greifen nun aus obiger Energiesumme willkürlich den einen oder anderen Summanden (die Iontometer, die Ionisierungsarbeit, die Bolometer, Wärme usw.) heraus und wollen nun an ihm nicht nur die „Dosis", also die ganze Summe, auch der nicht gemessenen Energien, messen, sondern sogar die Flächen-Energie. Man könnte allerdings hoffen, daß die Verteilung der absorbierten Röntgen-Energie auf die verschiedenen entstehenden Energieformen bei weichem Licht dieselbe sei wie bei hartem Licht, aber viel Wahrscheinlichkeit liegt für diese Annahme nicht vor; denn es kann sehr gut sein, daß z. B. bei weichem Röntgenlicht der Hauptteil in Wärme, bei hartem in Ionisationsarbeit umgewandelt werde; auch wird die Verteilung wahrscheinlich abhängig sein von dem Körper, in welchem die Röntgenstrahlung absorbiert wurde. Diese Auffassung erklärt zwanglos eine Reihe von Erscheinungen, wie z. B. die Unvergleichbarkeit der Radiometerangaben, speziell der Sekundärstrahlung usw.

Nimmt man nämlich an, daß der Umwandlungsfaktor von absorbierter Röntgen-Energie z. B. in chemischer Arbeit (Verfärbung) bei hartem Licht ein anderer ist als bei weichem Licht und bei Bariumplatinzyanür ein anderer als bei Silberchlorid, so ist eine Vergleichbarkeit von

von Sab.- und Kienböck-Einheiten unmöglich. Zu dieser Annahme wird man aber gedrängt durch die Tatsache, daß bei einer bestimmten Strahlenhärte besonders viel spezielle Sekundärstrahlung (auch eine Energieform) entsteht und bei einer anderen weniger; das kann aber offenbar nur auf Kosten des einen oder des anderen Summanden geschehen, daher muß also bei der Härte, bei der am meisten Sekundärstrahlung entsteht, von einem der anderen Energiefaktoren, also z. B. von Wärme, weniger entstehen; d. h. aber, daß das Verteilungsgesetz bei der einen Härte ein anderes ist als bei der anderen. Eine ganz analoge Unvergleichbarkeit, wie zwischen den einzelnen Dosimetereinheiten, wird sich auch ergeben zwischen der Hautreaktion, Tiefenwirkung (therapeutischer Effekt) und den Dosimetereinheiten. Kurz, die Kenntnis des Verteilungsgesetzes der entstehenden Energien bei der Absorption von Röntgen-Energien verschiedener Härte und in verschiedenen Mitteln wird bei allen Untersuchungen der Dosimetrie eine wesentliche Rolle spielen, und ich glaube, daß Experimente in dieser Richtung von großer Wichtigkeit und Fruchtbarkeit wären. Sobald das Verteilungsgesetz bekannt ist, d. h. sobald man die einzelnen Summanden kennt in der Gleichung

$$D = {}_a\sum_1^n E_a,$$

weiß man auch, ob resp. welcher Summand als Maß der Dosis resp. der Hautreaktion usw. betrachtet werden.

Der Zusammenhang zwischen Dosis und Flächen-Energie.

Die erzeugte Röntgen-Energie ist im Allgemeinen ein Gemisch von verschieden harten Röntgen-Strahlen; man kann sie daher auffassen als die Summe der Energien der einzelnen Strahlensorten; der math. Ausdruck hiefür lautet:

$$Fl.\text{-}E = {}_k\sum_1^n Fl.\text{-}E_k,$$

wobei $Fl.\text{-}E$ die gesamte Flächen-Energie und $Fl.\text{-}E_k$ die Flächen-Energie einer bestimmten Strahlensorte bedeutet. Ermittelt man mit Hilfe der Absorptionskurve die Größe und die Härte der einzelnen Komponenten[1]) der Strahlung, so läßt sich auch leicht berechnen, wieviel von jeder Komponente in dem betrachteten absorbierenden Körper stecken geblieben, richtiger gesagt transformiert worden ist; damit ist die zu jeder Komponente ($Fl.\text{-}E_k$) gehörige Dosis (D_k) ermittelt und es bedingt jede Zusammensetzung der $Fl.\text{-}E$ eine bestimmte Energie-Menge D, welche in Wärme, Elektrizität, chem. Arbeit usw. umgewandelt werden kann, was im folgenden Schema veranschaulicht wird.

$$\begin{array}{ll} Fl.\text{-}E = & \overbrace{Fl.\text{-}E_1 + Fl.\text{-}E_2 + Fl.\text{-}E_3 \ldots Fl.\text{-}E_k \ldots\ldots\ldots\ldots Fl.\text{-}E_m, \; Fl.\text{-}E_n}^{Fl.\text{-}E} \\ & \quad | \qquad\quad | \qquad\quad | \qquad\quad | \qquad\qquad\qquad | \qquad | \\ D = & D_1 + D_2 + D_3 \ldots\ldots D_k \ldots\ldots\ldots\ldots D_m, \quad D_n \\ A = & \overbrace{E_1 E_2 \ldots E_m} \end{array}$$

In diesem Schema gelingt wenigstens annäherungsweise die Zerlegung von $Fl.\text{-}E$ in seine Komponenten der Übergang von $Fl.\text{-}E_k$ zu D_k[2]) mit Hilfe der Bestimmung des Absorptionskoeffizienten a. Dagegen ist der letzte Schritt, die Zerlegung der abs. Röntgen-Energie (Dosis) in die verschiedenen Energieformen E_n, die sie erzeugt, bisher noch nirgends durchgeführt worden und bietet auch vorläufig so große Schwierigkeiten, daß an eine baldige endgültige Lösung des Problems nicht zu denken ist; ich möchte hier nur eine Hauptschwierigkeit erwähnen: Die Sekundärstrahlung. Unter den Energieformen, die bei der Absorption von Röntgen-

[1]) Weissenberg: Eine neue graphische Darstellung der Absorption von Röntgenstrahlen. Diese Arbeiten und Verhandlungen Bd. XXIII, 3.

[2]) Weissenberg: Dosis und Flächen-Energie. Diese Arbeiten und Verhandlungen Bd. XXIII, 6

Energie entstehen, findet sich nämlich auch wieder Röntgen-Energie vor, die, wie schon oben erwähnt, in verschiedenen Quantitäten, aber immer in derselben Qualität, entstehen. — Diese wird nun wieder zum Teil absorbiert und in verschiedene Energieformen nach einem wieder unbekannten Verteilungsgesetz umgewandelt, unter diesen Energieformen findet sich wieder Röntgen-Energie vor usf.

Selbstverständlich ist das ganze Problem und seine Schwierigkeiten nur vereinfacht dargestellt worden[1]) und soll als Anschauungsmaterial dienen für die komplizierten Zusammenhänge zwischen „Fl.-E.", „Dosis und geleisteter Arbeit (Hautreaktion, therap. Effekt, Verfärbung der Sab.-Past. Bolometer, Iontometeranzeigen usw.). Auf alle diese Beziehungen resp. Zusammenhänge muß bei einer exakten Dosierung Rücksicht genommen werden. Der Einfluß des Einfallswinkels der Röntgenstrahlen auf „Dosis", „Flächenenergie" einerseits und auf die Radiometer- und Hautreaktion, therap. Effekt andererseits wird ein Mittel sein, die in obigem enthaltenen Begriffe und Bezeichnungen zu klären resp. zu ermitteln.

Einfallswinkel und Flächen-Energie.

Die in einem Punkte des Raumes (Fokus) erzeugte Röntgen-Energie-Menge sei gleich R. Es breitet sich dann die R.-E. nach allen Richtungen des Raumes gleichmäßig und geradlinig aus. (Daß im Raum hinter der Antikathode keine Röntgenstrahlen angetroffen werden, liegt daran, daß dieselben schon in der Antikathode absorbiert werden. Der Fokus strahlt jedenfalls nach allen Richtungen gleichmäßig.) Legt man nun um den Fokus als Zentrum konzentrische Kugelflächen mit den Radien 1, 2, 3 ..., so findet sich auf jeder Kugelfläche die gesamte erzeugte R.-E.-Menge wieder vor, da im nichtabsorbierenden Raume nichts verloren gehen konnte. Auf der Flächen-Einheit[2]) z. B. 1 cm² der aufeinanderfolgenden Kugelflächen trifft eine R.-E.-Menge auf von der Größe $\frac{R}{4\pi 1^2}, \frac{R}{4\pi 2^2}, \frac{R}{4\pi 3^2} \ldots$ da ja die Röntgen-Energie R sich auf die ganze Kugelfläche gleichmäßig verteilt, und die Kugel-Oberflächen der Reihe nach die Größe $4\pi 1^2$, $4\pi 2^2$, $4\pi 3^2$ usw. haben. Die R.-E.-Mengen auf der Flächen-Einheit heißen Flächen-Energie und ergeben sich somit als Quotient auf die Fläche auftreffende R.-E.-Fläche.

Um ein ganz anschauliches Bild der Fl.-E. zu gewinnen, denken wir uns durch die Flächen-Einheit z. B. 1 cm² so viele Röntgenstrahlen eintreten, als die Fl.-E. angibt. Ist an einem Punkte einer Fläche die Fl.-E. groß, so werden dort auch, bildlich gesprochen, viele Röntgenstrahlen sein, ist die Fl.-E. klein, so werden dort auch nur wenige Röntgenstrahlen angenommen. Auf die Flächen-Einheit (1 cm²) der Kugel mit dem Radius 1 treffen also, siehe oben $\frac{R}{4\,1^2\pi} = \frac{R}{4\pi} = E$-Strahlen auf. Wobei E die Größe der Fl.-E. in jedem Punkte der Kugelfläche bezeichnet. Von dem Fokus müssen also $R = 4\pi E$ Röntgenstrahlen ausgehend gedacht werden. Aus dieser Überlegung folgt ohne weiteres:

Die Flächen-Energie (Fl.-E.) in einem Punkt kann aufgefaßt werden als die Anzahl der Röntgenstrahlen, welche auf die um den Punkt gelegte Flächen-Einheit auftreffen[3]).

Diese Auffassung der Fl.-E. ergibt direkt und anschaulich ihre Abhängigkeit vom Einfallswinkel der Röntgenstrahlen; denn es ist evident, daß die Anzahl der Röntgenstrahlen, die auf die Fl.-E. um den gewählten Punkt P auffallen, davon abhängt, wie ich diese Fl.-E. lege.

---

[1]) So fehlt die Entstehung der Fl.-E. durch Stromimpulse usw.

[2]) Man kann die Fl.-E. natürlich beliebig klein wählen, also zunächst 1 cm², dann 1 mm² usf. Am exaktesten wird man die Überlegungen durchführen, wenn man die Fl.-Einheit unendlich klein, also als Fl.-Element $dx\, dy$ auffand.

[3]) Die anderen Sätze, wie z. B. die quadratische Abnahme der Fl.-E. mit der Entfernung, oder der Satz, daß durch jede geschlossene Fläche (z. B. Kugel) in deren Inneren nicht der Fokus liegt, ebensoviele Röntgenstrahlen eintreten wie austreten usw., sind hier nicht abgeleitet, da sie genugsam bekannt sind und nicht direkt zum Thema gehören.

Steht die um den Punkt gelegte Flächen-Einheit senkrecht zur Strahlenrichtung, so hat sie die beste Lage und wird am meisten Strahlen auffangen, steht sie schief, so geht schon ein Teil der Strahlen vorbei und legt man schließlich sie in die Strahlenrichtung, so kann kein einziger Strahl auf sie auffallen. (Ebenso ist es unmöglich, durch ein Loch zu schießen, welches genau in der Schußrichtung liegt.) Die Fl.-E. ist somit nicht nur abhängig von dem Punkt selbst, also von seiner Entfernung vom Fokus, sondern sie hängt auch wesentlich davon ab, welche Richtung (in bezug auf die Strahlenrichtung) die Flächen-Einheit einnimmt, die ich zur Bestimmung der Anzahl der auf sie auftreffenden Röntgenstrahlen um den Punkt lege. Diese Anzahl und somit die Fl.-E. im Punkte P schwankt, s. o., zwischen Null und einem bestimmten Höchstwert E, den man erhält, wenn man die Flächen-Einheit senkrecht zu den Röntgenstrahlen stellt.

Jede Fläche und somit auch die Flächen-Einheit oder das Flächen-Element fängt um so mehr Strahlen auf, je mehr vom Fokus ausgehen (Fl.-E. proportional der erzeugten R.-E.) und je senkrechter sie in dem Strahlengang steht. (Proportional dem Sin. des Neigungswinkels.) (Siehe Fig. 1.) Die exakte mathematische Durchführung ergibt[1]):

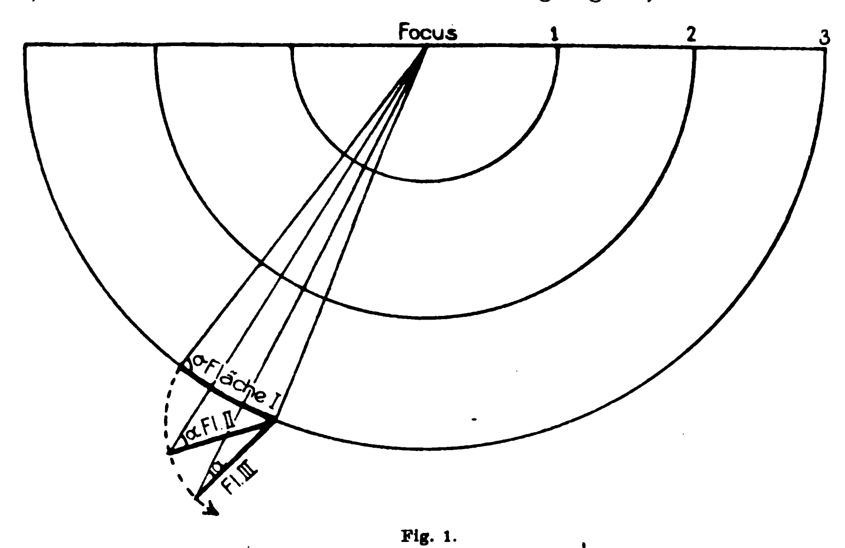


Fig. 1.

Fig. 1 veranschaulicht die Abhängigkeit der Flächenenergie (Anzahl der auf die Flächeneinheit auffallenden Röntgenstrahlen) von dem Einfallswinkel α. Die Fläche I, welche senkrecht zum Strahlengang steht, fängt am meisten Strahlen auf; die Fläche II schon weniger und die am meisten geneigte Fläche III am wenigsten.

Die Größe der Flächen-Energie E (Anzahl der Röntgenstrahlen, welche durch die beliebig in den Strahlengang gestellte Flächen-Einheit [Flächen-Element] gehen) ist in jedem Punkt des Raumes gleich $E_0 \sin \alpha$; wobei E_0 die Fl.-E. auf der durch den Punkt um den Fokus gelegten Kugelfläche (senkrecht zum Strahlengang) und α den Winkel zwischen Fläche und Röntgenstrahl bezeichnet.

(Für $\alpha = 0$ wird $\sin \alpha = 0$, also auch die Fl.-E. $E = E_0 \sin 0 = 0$,

„ $\alpha = 90^0$ wird $\sin \alpha = 1$, also die Fl.-E. $E = E_0$; größer als E_0 kann E offenbar nie werden, da der Sinus eines Winkels nicht größer als 1 werden kann.)

Die Variation des Einfallswinkels gibt somit ein einfaches Mittel an die Hand, die Fl.-E. unabhängig von allen übrigen Faktoren zu ändern und kann daher auch für die Zwecke der Eichung angewandt werden. Leider besitzen wir noch kein brauchbares Fl.-E.-Meßinstrument, an dem man die Kontrolle der Eichung durch Distanz mit der Eichung durch Variation des Einfallswinkels durchführen könnte, daher man über ihre praktische Verwendbarkeit noch kein abschließendes Urteil fällen kann.

[1]) Holzknecht. Fortschritte a. d. G. d. R. Bd. VIII.

Einfallswinkel und Dosis.

Während man bei der Fl.-E. zunächst den Raum als leer annahm und nur völlig durchlässige Flächen (vergleichbar mit Löchern) betrachtet hat, ist für den Begriff Dosis die Annahme irgendeines raumerfüllenden Stoffes nicht zu umgehen. Denn Dosis ist ja in der Christenschen Nomenklatur zunächst definiert als derjenige Teil der Röntgenenergie, welcher in einen Körper (Raum) eingetreten ist und nicht wieder austritt, also von dem Körper absorbiert, richtiger in eine Reihe von anderen Energieformen transformiert worden ist. Gehen wir wieder auf unser Bild von der bestimmten Anzahl von Röntgenstrahlen, die vom Fokus ausgehen, zurück, so erkennt man, daß jeder Strahl, der in einen geschlossenen Raum eintritt, auch aus ihm austreten muß, wenn er nicht absorbiert wird; denn würde er nirgends austreten, so müßte der Raum sich in derselben Richtung ins Unendliche ausdehnen wie der Strahl, was gegen die Voraussetzung des geschlossenen Raumes ist.

Somit ist die Dosis eines jeden leeren (nichtabsorbierenden) geschlossenen Raumes, gleichgültig, wie stark die Ergiebigkeit der Röntgenquelle ist und wo diese liegt, gleich Null.

Da Röntgenenergie nur absorbiert werden kann, wenn sie in irgendeine Energieform (Wärme, Elektrizität, Licht) transformiert wird, und da im leeren Raum keine Energietransformationen stattfinden, so muß man die Dosis immer an einem bestimmten, die Energietransformation ausführenden Körper betrachten. Genau so, wie man bei der Fl.-E. in einem Punkte immer die Lage der Fläche angeben muß, muß man bei der Dosis den Körper, richtiger die Absorptionskraft des Körpers angeben, da die Dosis ebenso wesentlich von dem absorbierenden Körper abhängt, wie die Fl.-E. von der Lage des Fl.-Elementes; es wird sich auch zeigen, daß analog wie die Fl.-E. ganz unabhängig ist von dem Körper, auf den sie auftrifft, ebenso unabhängig ist die Dosis von der Lage des begrenzenden Oberflächen-Elementes.

Greift man nun aus den $4\pi E$-Strahlen, die vom Fokus ausgehen, diejenigen heraus, welche auf eine Flächen-Einheit (Fl.-Element) der Oberfläche eines absorbierenden Körpers auffallen, so (ihre Anzahl sei gleich $E)_1$ erhält man die Fl.-Energie in dem Oberflächenpunkt des Körpers. Von diesen E_1-Strahlen wird nun ein Teil D im Körper stecken bleiben und in Energie transformiert werden, der Rest R muß aus dem Körper wieder austreten. (Da ja R.-E. nicht verloren gehen kann.) Nimmt man nun an, daß im Innern des Körpers keine Röntgenstrahlung entsteht[1]), so gilt das einfache Gesetz

$$E_1 = D_1 + R_1.$$

Setzt man weiter voraus, daß die Eigenschaften der Strahlen bei dem Durchgang durch den Körper nicht verändert worden sind[2]), so kann man den Prozeß bis ins Unendliche fortsetzen, d. h. die austretenden Strahlen R, wieder durch einen dem ersten Körper ganz gleichen gehen lassen $R_1 = D_2 + R_2, \frac{E_1}{D_1} = \frac{R_1}{D_2} = \frac{E_1 - D_1}{D_2}$ den Rest wieder usw., so daß sich die Gleichung ergibt

$$E_1 = D_1 + D_2 + D_3 + \ldots + D_n + R_n,$$

wobei die D immer im selben Verhältnis kleiner, aber nie Null werden, da der Körper offenbar immer den gleichen Bruchteil (Prozentsatz) der auf ihn auffallenden Strahlung absorbieren wird. Dieses Gesetz kann auf eine einfache Form gebracht werden, in der es als das Absorptionsgesetz für homogene Strahlung bekannt ist, es lautet:

$$R = Ee^{-az}.$$

Berücksichtigt man noch die quadratische Abnahme der Fl.-E. mit der Entfernung r vom Fokus, so ergibt sich

$$R = \frac{E_1 r^2}{r^2 + z^2} e^{-az};$$

[1]) Was wegen der Sekundärstrahlung nicht ganz richtig ist.

[2]) Nur bei homogenen Strahlen, Strahlengemische werden beim Durchgange durch Körper gehärtet.

für mehrere Komponenten hom. Röntgenstrahlen, also für heterogenes Licht gilt die Gleichung

$$R = \frac{r^2}{r^2 + z^2} (E_1 e^{-\alpha_1 z} + E_2 e^{-\alpha_2 z} + \ldots).$$

Es ist bis jetzt nicht gelungen, die Formel so aufzustellen, daß auch die Sekundärstrahlung dabei berücksichtigt ist.

Für unsere weiteren Untersuchungen greifen wir nun eine wichtige Kategorie von Dosen, die sogenannten Oberflächendosen heraus, die sowohl theoretisch als auch praktisch von besonderer Bedeutung sind. Bis jetzt wurde über die Dicke der Schicht, welche Röntgenstrahlen absorbiert, nichts vorausgesetzt. Man sah aber aus der Gleichung $E = D_1 + D_2 + \ldots Dn + Rn$, daß, falls die Schichtdicke sehr groß genommen wird (eine große Anzahl von absorbierenden Schichten hintereinander gestellt sind), die absorbierte Röntgenenergie $D = D_1 + D_2 + D_3 + \ldots Dn$ sich nur mehr um eine ganz kleine Größe R von der Kl.-E. unterscheidet. Man wird demnach den Unterschied zwischen Dosis und Fl.-E. am schärfsten bei ganz dünnen absorbierende Schichten erwarten können. In der Tat wählt man die absorbierende Schicht gleich dz, d. h. unendlich dünn, so wird natürlich auch nur unendlich wenig dE absorbiert werden. Würde man also die Oberflächendosis in demselben Maß messen, wie die Fl.-E., so wäre jede Oberflächendosis Null, da der Körper unendlich dünn ist und daher ebensoviel Fl.-E. austritt wie eintritt. Man mißt daher die Oberflächendosis in einem dz mal kleineren Maß, oder, was dasselbe ist, man mißt nicht dE, sondern den Differentialquotienten $\frac{dE}{dz}$, und bezeichnet ihn auch als Oberflächendosis, häufig wird er sogar auch kurz Dosis genannt; wie ja überhaupt kein Unterschied zwischen mittlerer Dosis, d. h. $\frac{\text{abs. Fl.-E.}}{\text{Dicke}}$, und der wirklichen Dosis als absorbierte Fl.-E. gemacht wird, da jederzeit klar ist, von welcher Dosis man spricht.

Die (mittleren Oberflächen-)Dosen in diesem engeren Sinn sind also nach ihrer Definition als Differentialquotient die Änderung der Fl.-E. mit wachsender Schichtdicke.

Aus dieser Formulierung erkennt man ohne weiteres, daß die Dosen unabhängig sind von dem Einfallswinkel. Wohl wird natürlich auch hier die Fl.-E. von dem Einfallswinkel abhängen und kleiner oder größer sein, je nachdem die Oberfläche mehr oder weniger in der Richtung des Strahlenganges liegt, aber sie wird sich mit wachsender Schichtdicke genau so ändern, ob sie groß oder klein war.

Auch aus der sonst üblichen Definition dieser Dosen, die mit obiger selbstverständlich identisch ist, läßt sich die Unabhängigkeit der Dosis von dem Einfallswinkel leicht nachweisen.

Dosis (richtiger mittlere Dosis) wird gewöhnlich definiert als die in der Volumseinheit (Volumselement) absorbierte Röntgen-Energiemenge (Anzahl der in der Volumseinheit, z. B. cm^3, steckengebliebenen bildlichen Strahlen).

Greift man aus dem Körper ein an der Oberfläche liegendes Volumselement heraus, so gilt mittlere Dosis

$$D = \frac{E}{\text{H.W.S.}} \log 2$$

also für dünne Schichten Δz ist die wirkliche Dosis bei senkrecht auffallenden Strahlen

$$D_1 = \frac{E}{\text{H.W.S.}} \log 2 . \Delta z.$$

Fällt das Licht unter dem Winkel α ein, so geht E über in $E \sin \alpha$ und Δz in $\frac{\Delta z}{\sin \alpha}$, da jetzt auf der Strecke $\frac{\Delta z}{\sin \alpha}$ Röntgen-Einheit absorbiert wird. Also

$$D_\alpha = \frac{E \sin \alpha}{\text{H.W.S.}} \log 2 \frac{\Delta z}{\sin \alpha} = \frac{E}{\text{H.W.S.}} \log 2 \, \Delta z = D_1.$$

Somit ist gezeigt, daß die Absorption in einer genügend dünnen absorbierten Schicht unabhängig ist vom Einfallswinkel.

Da in dieser Eigenschaft der Dosis ein neues wichtiges Erkenntnis und Unterscheidungsmittel gegenüber der Fl.-E. gewonnen ist, möchte ich eine Überlegung hier durchführen, welche genau den Grund und auch den Geltungsbereich dieser zunächst merkwürdigen Tatsache erkennen läßt; dabei machen wir wieder Gebrauch von dem Bilde der durch die Fl.-E. bestimmten Anzahl der durch die Fläche eintretenden Röntgenstrahlen.

Fig. 2.

Fig. 2 veranschaulicht die Vergrößerung des Absorptionsweges Δz bei schiefer Bestrahlung auf $\frac{\Delta z}{\sin \alpha}$; diese Vergrößerung geschieht in demselben Verhältnis, in dem die Fl.E. bei schiefer Bestrahlung vermindert wird, und bewirkt, daß in dieser Schicht bei schiefer Bestrahlung genau soviel absorbiert wird, wie bei senkrechter.

Steht die Oberfläche einer dünnen Scheibe senkrecht zur Strahlenrichtung, so treten durch das Flächen-Element E-Strahlen ein und diese haben im absorbierenden Körper eine Strecke Δz zurückzulegen; steht die Oberfläche schief, so treten weniger ($E \sin \alpha$) Strahlen ein, dafür ist die absorbierende Strecke nicht mehr Δz, sondern größer $\frac{\Delta z}{\sin \alpha}$, da die Strahlen nicht mehr senkrecht durch die Platte gehen, sondern schief, so daß der Weg, auf dem die Strahlen absorbiert werden, genau in demselben Verhältnis wächst, als die Anzahl der eindringenden Strahlen abnimmt. (Siehe Fig. 2.) Man kann sagen, bei schiefer Bestrahlung der Platte werden zwar nur weniger Röntgenstrahlen eindringen, doch werden diese besser (auf einer längeren Strecke) ausgenützt, so daß in diesem im ganzen genau soviel Strahlen in der Platte stecken bleiben als im ersten Fall. Auch die Grenzen der Gültigkeit des Satzes werden klar; denn offenbar kann eine Kompensation der geringeren Anzahl der eintretenden Röntgenstrahlen durch die Verlängerung des Absorptionsweges nur so lange statthaben, als die Verlängerung voll ausgenutzt werden kann; d. h. so lange auch die verlängerte Absorptionsstrecke genügend Strahlung zur Absorption erhält, also die oberflächlichen Schichten nicht zu viel absorbiert haben. Das Resultat der Untersuchungen über den Einfluß des Einfallswinkels auf die Dosis läßt sich somit in folgenden Satz zusammenfassen: Die Dosis ist insolange unabhängig vom Einfallswinkel der Strahlung, als der im absorbierten Körper zurückgelegte Weg im Verhältnis zur H.W.S. der Strahlung vernachlässigt werden kann. (Siehe Fig. 3.)

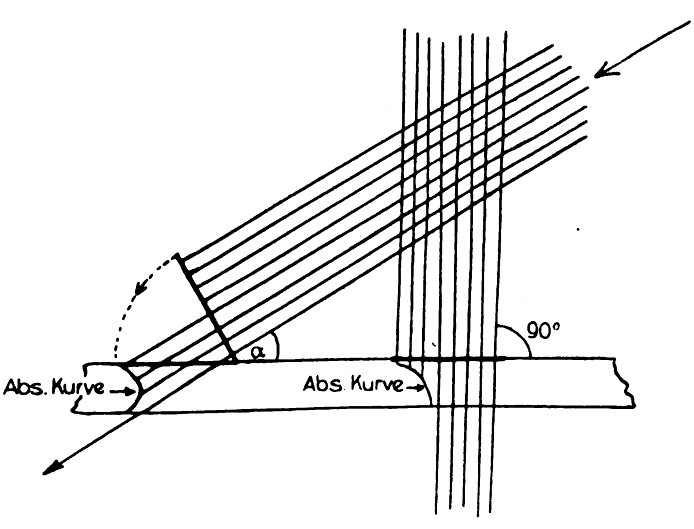


Fig. 3.

Fig. 3 zeigt eine dünne Schicht, welche bei senkrechter Bestrahlung von den 8 auffallenden Strahlen 3 absorbiert und bei schiefer Bestrahlung ($\alpha = 30°$) von den 8 Strahlen nur 4 auffängt, von diesen aber infolge der des größeren Absorptionsweges auch 3 absorbiert, also ebensoviel wie bei senkrechter Bestrahlung.

II.

Einfallswinkel und Radiometer.

Wie schon in der Einleitung erwähnt, ist es eine grundlegende Erkenntnis gewesen, daß die Radiometer nicht als Fl.-E.-Meßinstrumente betrachtet werden können, sondern daß die Dosimeter im weitesten Sinn des Wortes sind. Da die einzelnen Dosimeter aus verschieden stark absorbierendem Material hergestellt sind und auch verschiedene Dicken haben, so messen sie in Wirklichkeit bestenfalls irgendein Zwischending zwischen dem Ideal-Dosimeter mit unendlich dünner Schicht und dem Ideal-Fl.-E.-Messer, bei dem die ganze Strahlung absorbiert wird. (Bestenfalls, weil auf die Fehler durch Sekundärstrahlung usw. und die anderen Fehlerquellen [s. Seite 381] nicht Rücksicht genommen wurde.) Demgemäß werden sich auch die Radiometer gegenüber dem Einfallswinkel verschieden verhalten. Diejenigen (wie z. B. Kienböckstreifen, Iono- und Iontometer, Selenzelle), welche einen im Verhältnis zur Halbwertschicht kleinen Absorptionsweg für den Strahlengang haben, werden in ihren Angaben ziemlich unabhängig sein vom Einfallswinkel, während die Sab.-Tablette, das Schwarzsche Kalomel-Dosimeter usw., deren Schichtdicke im Verhältnis zur H.W.S. der Strahlung nicht vernachlässigt werden kann je nach dem Einfallswinkel verschiedene Ausschläge zeigen werden. Nach diesem Gesichtspunkte kann man somit die Dosimeter ordnen. Man prüft die Abhängigkeit der Dosimeterangaben von dem Einfallswinkel und erhält bei jedem Dosimeter (bei einer bestimmten Härte) eine Kurve, die zwischen der Kurve des Ideal-Dosimeters der zur X-Achse parallelen geraden Linie, und der Sinuslinie des Ideal-Fl.-E.-Messers liegt. Der Kurve des Ideal-Dosimeters am nächsten werden wohl die Kurven der Iono- und Iontometer sein, dann die Kurve des Kienböckstreifens, dann Selenzelle, dann Sabouraud und dann Schwarzsche Kalomel-Dosimeter und endlich Bolometer.

Es gibt somit ein einfaches und praktisch leicht anwendbares Kriterium dafür, ob ein Instrument Fl.-E. mißt oder Dosis und das ist die Abhängigkeit resp. Unabhängigkeit vom Einfallswinkel der Strahlung.

Die notwendige und hinreichende Bedingung dafür, daß ein Instrument Fl.-E. mißt, ist, daß bei jeder Härte die Angabe des Instrumentes dem Sinus des Einfallswinkels prop. ist, (d. h. die in obigem Schema eingezeichnete Kurve genau eine Sinuslinie sei).

Die Behauptung Fürstenaus, sein Instrument messe Fl.-E. und nicht Dosis, kann somit durch ein einfaches Experiment widerlegt werden. Man braucht zu diesem Zweck nur die Selenzelle einmal senkrecht und das zweitemal unter 30° geneigt in den Strahlengang zu stellen und wird sehen, daß der Zeigerausschlag dabei nicht auf die Hälfte ($\sin 30^0 = {}^1/_2$) zurückgehen wird, wie die Fl.-E., sondern annähernd konstant bleibt, wie die Dosis; wie das ja auch nach der Konstruktion der Selenzelle zu vermuten war.

Die notwendige und hinreichende Bedingung dafür, daß ein Instrument ein reines Dosimeter sei, ist, daß die Angaben des Dosimeters unabhäng sind vom Einfallswinkel, daß also die in obigem Schema eingezeichnete Kurve eine gerade Linie ist.

Die Bedeutung des Einfallswinkels der Röntgenstrahlen für den praktischen Therapiebetrieb.

Abgesehen von den rein technischen Fragen der Aparatur und der Messung der Röntgenstrahlen, liegt das Problem der therapeutischen Bestrahlung für den Arzt in dem richtigen Kompromiß zwischen dem gewollten therapeutischen Effekt und der Notwendigkeit der Hautschonung. Das dringendste Bedürfnis des Arztes wäre es demnach, ein gutes Maß für Hautreaktion und für therapeutischen Effekt zu besitzen. Bis jetzt gibt es aber leider noch keins und so bleibt ihm nichts anderes übrig als eine gegenseitige Kontrolle der Radiometer und der am Patienten beobachteten Effekte. Aus dieser Kontrolle soll erstens die Aufstellung von

Da in dieser Eigenschaft der Dosis ein neues wichtiges Erkenntnis und Unterscheidungsmittel gegenüber der Fl.-E. gewonnen ist, möchte ich eine Überlegung hier durchführen, welche genau den Grund und auch den Geltungsbereich dieser zunächst merkwürdigen Tatsache erkennen läßt; dabei machen wir wieder Gebrauch von dem Bilde der durch die Fl.-E. bestimmten Anzahl der durch die Fläche eintretenden Röntgenstrahlen.

Steht die Oberfläche einer dünnen Scheibe senkrecht zur Strahlenrichtung, so treten durch das Flächen-Element E-Strahlen ein und diese haben im absorbierenden Körper eine Strecke Δz zurückzulegen; steht die Oberfläche schief, so treten weniger ($E \sin \alpha$) Strahlen ein, dafür ist die absorbierende Strecke nicht mehr Δz, sondern größer $\frac{\Delta z}{\sin \alpha}$, da die Strahlen nicht mehr senkrecht durch die Platte gehen, sondern schief, so daß der Weg, auf dem die Strahlen absorbiert werden, genau in demselben Verhältnis wächst, als die Anzahl der eindringenden Strahlen abnimmt. (Siehe Fig. 2.) Man kann sagen, bei schiefer Bestrahlung der Platte werden zwar nur weniger Röntgenstrahlen eindringen, doch werden diese besser (auf einer längeren Strecke) ausgenützt, so daß in diesem im ganzen genau soviel Strahlen in der Platte stecken bleiben als im ersten Fall. Auch die Grenzen der Gültigkeit des Satzes werden klar; denn offenbar kann eine Kompensation der geringeren Anzahl der eintretenden Röntgenstrahlen durch die Verlängerung des Absorptionsweges nur so lange statthaben, als die Verlängerung voll ausgenutzt werden kann; d. h. so lange auch die verlängerte Absorptionsstrecke genügend Strahlung zur Absorption erhält, also die oberflächlichen Schichten nicht zu viel absorbiert haben. Das Resultat der Untersuchungen über den Einfluß des Einfallswinkels auf die Dosis läßt sich somit in folgenden Satz zusammenfassen: Die Dosis ist insolange unabhängig vom Einfallswinkel der Strahlung, als der im absorbierten Körper zurückgelegte Weg im Verhältnis zur H.W.S. der Strahlung vernachlässigt werden kann. (Siehe Fig. 3.)

Fig. 2.

Fig. 2 veranschaulicht die Vergrößerung des Absorptionsweges Δz bei schiefer Bestrahlung auf $\frac{\Delta z}{\sin \alpha}$; diese Vergrößerung geschieht in demselben Verhältnis, in dem die Fl.E. bei schiefer Bestrahlung vermindert wird, und bewirkt, daß in dieser Schicht bei schiefer Bestrahlung genau soviel absorbiert wird, wie bei senkrechter.

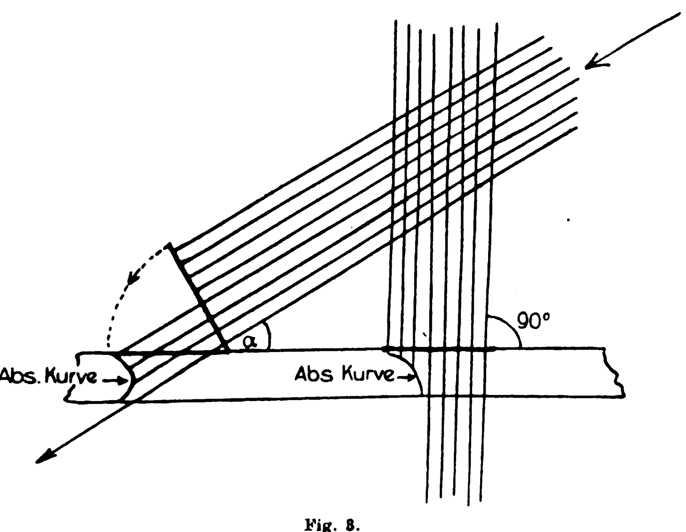


Fig. 3.

Fig. 3 zeigt eine dünne Schicht, welche bei senkrechter Bestrahlung von den 8 auffallenden Strahlen 3 absorbiert und bei schiefer Bestrahlung ($\alpha = 30°$) von den 8 Strahlen nur 4 auffängt, von diesen aber infolge der des größeren Absorptionsweges auch 3 absorbiert, also ebensoviel wie bei senkrechter Bestrahlung.

II.

Einfallswinkel und Radiometer.

Wie schon in der Einleitung erwähnt, ist es eine grundlegende Erkenntnis gewesen, daß die Radiometer nicht als Fl.-E.-Meßinstrumente betrachtet werden können, sondern daß die Dosimeter im weitesten Sinn des Wortes sind. Da die einzelnen Dosimeter aus verschieden stark absorbierendem Material hergestellt sind und auch verschiedene Dicken haben, so messen sie in Wirklichkeit bestenfalls irgendein Zwischending zwischen dem Ideal-Dosimeter mit unendlich dünner Schicht und dem Ideal-Fl.-E.-Messer, bei dem die ganze Strahlung absorbiert wird. (Bestenfalls, weil auf die Fehler durch Sekundärstrahlung usw. und die anderen Fehlerquellen [s. Seite 381] nicht Rücksicht genommen wurde.) Demgemäß werden sich auch die Radiometer gegenüber dem Einfallswinkel verschieden verhalten. Diejenigen (wie z. B. Kienböckstreifen, Iono- und Iontometer, Selenzelle), welche einen im Verhältnis zur Halbwertschicht kleinen Absorptionsweg für den Strahlengang haben, werden in ihren Angaben ziemlich unabhängig sein vom Einfallswinkel, während die Sab.-Tablette, das Schwarzsche Kalomel-Dosimeter usw., deren Schichtdicke im Verhältnis zur H.W.S. der Strahlung nicht vernachlässigt werden kann je nach dem Einfallswinkel verschiedene Ausschläge zeigen werden. Nach diesem Gesichtspunkte kann man somit die Dosimeter ordnen. Man prüft die Abhängigkeit der Dosimeterangaben von dem Einfallswinkel und erhält bei jedem Dosimeter (bei einer bestimmten Härte) eine Kurve, die zwischen der Kurve des Ideal-Dosimeters der zur X-Achse parallelen geraden Linie, und der Sinuslinie des Ideal-Fl.-E.-Messers liegt. Der Kurve des Ideal-Dosimeters am nächsten werden wohl die Kurven der Iono- und Iontometer sein, dann die Kurve des Kienböckstreifens, dann Selenzelle, dann Sabouraud und dann Schwarzsche Kalomel-Dosimeter und endlich Bolometer.

Es gibt somit ein einfaches und praktisch leicht anwendbares Kriterium dafür, ob ein Instrument Fl.-E. mißt oder Dosis und das ist die Abhängigkeit resp. Unabhängigkeit vom Einfallswinkel der Strahlung.

Die notwendige und hinreichende Bedingung dafür, daß ein Instrument Fl.-E. mißt, ist, daß bei jeder Härte die Angabe des Instrumentes dem Sinus des Einfallswinkels prop. ist, (d. h. die in obigem Schema eingezeichnete Kurve genau eine Sinuslinie sei).

Die Behauptung Fürstenaus, sein Instrument messe Fl.-E. und nicht Dosis, kann somit durch ein einfaches Experiment widerlegt werden. Man braucht zu diesem Zweck nur die Selenzelle einmal senkrecht und das zweitemal unter 30° geneigt in den Strahlengang zu stellen und wird sehen, daß der Zeigerausschlag dabei nicht auf die Hälfte ($\sin 30^\circ = 1/2$) zurückgehen wird, wie die Fl.-E., sondern annähernd konstant bleibt, wie die Dosis; wie das ja auch nach der Konstruktion der Selenzelle zu vermuten war.

Die notwendige und hinreichende Bedingung dafür, daß ein Instrument ein reines Dosimeter sei, ist, daß die Angaben des Dosimeters unabhäng sind vom Einfallswinkel, daß also die in obigem Schema eingezeichnete Kurve eine gerade Linie ist.

Die Bedeutung des Einfallswinkels der Röntgenstrahlen für den praktischen Therapiebetrieb.

Abgesehen von den rein technischen Fragen der Aparatur und der Messung der Röntgenstrahlen, liegt das Problem der therapeutischen Bestrahlung für den Arzt in dem richtigen Kompromiß zwischen dem gewollten therapeutischen Effekt und der Notwendigkeit der Hautschonung. Das dringendste Bedürfnis des Arztes wäre es demnach, ein gutes Maß für Hautreaktion und für therapeutischen Effekt zu besitzen. Bis jetzt gibt es aber leider noch keins und so bleibt ihm nichts anderes übrig als eine gegenseitige Kontrolle der Radiometer und der am Patienten beobachteten Effekte. Aus dieser Kontrolle soll erstens die Aufstellung von

Tabellen ermöglicht werden, welche über die Abhängigkeit der Effekte von den Angaben der Radiometer Aufschluß gibt und zweitens soll dadurch dasjenige Radiometer ausgewählt werden, welches am besten für die Messungen geeignet ist.

Daher ist es von ausschlaggebender Bedeutung zu wissen, ob die Hautreaktion nur von der Dosis abhängt und ihr proportional ist. Würde es gelingen diesen Nachweis zu führen, so wäre damit auch gleichzeitig die Richtung gegeben, in welcher man das für den Arzt praktischste Meßinstrument (Ideal-Dosimeter) zu suchen hat; läßt sich dagegen nachweisen, daß die Dosis nicht eindeutig die Hautreaktion an derselben Hautstelle bei demselben Patienten bestimmt, so muß die ganze Dosimetrie anders aufgebaut werden und vor allem die anderen (außer der Dosis) für die Hautreaktion bestimmenden Elemente ermittelt werden. Die Schwierigkeiten einer exakten Beantwortung der Frage in dem einen oder anderen Sinn, liegen auf der Hand und man kann nur hoffen, durch die Menge der Untersuchungen die Zufälligkeiten des Einzelexperimentes auszuschalten. Die Methode der Veränderung des Einfallswinkels der Röntgenstrahlen soll nun ein Mittel an die Hand geben, in der oben angegebenen Richtung systematische Versuchsreihen zu machen.

Denkt man sich eine Zelle aus der röntgenempfindlichsten Hautschicht herausgenommen und setzt sie der Bestrahlung aus, so gelten für diese Zelle genau dieselben Überlegungen wie für die Oberflächendosis (Seite 384 ff.). Denn auch die Zelle wird entweder bei senkrechter Bestrahlung den Strahlen eine große Eintrittsfläche darbieten und einen kleinen Absorptionsweg oder bei schiefer Bestrahlung eine kleinere Eintrittsfläche, dafür aber einen größeren Absorptionsweg, so daß zu erwarten ist, daß die Zelle bei schiefer Bestrahlung ebensoviel Röntgenenergie absorbiert wie bei senkrechter. Diese Überlegung stimmt mit den Erfahrungstatsachen gut überein.

Ihre Richtigkeit kann am schlagendsten durch folgendes Experiment bewiesen werden. Man läßt auf ein kleines engabgegrenztes ebenes Feld (z. B. am Rücken) die Röntgenstrahlen unter einem Winkel von 30° einfallen. Die Röntgenstrahlen seien von der Härte, daß man gerade 10 H verabfolgen darf, ohne eine Reaktion befürchten zu müssen. Wären die obigen Überlegungen falsch und die Dosis abhängig vom Sinus des Einfallswinkels[1]), so dürfte man dieser Hautstelle 20 H verabfolgen, wenn man nur den Sabouraud senkrecht in den Strahlengang stellt, denn der Sinus von 30° ist $^1/_2$. Tritt aber bei dieser Bestrahlung eine starke Reaktion ein, so erkennt man, daß tatsächlich die von der Haut absorbierte Röntgenenergie unabhängig ist vom Einfallswinkel.

Prüft man das Verhalten der Haut bei verschiedenen Einfallswinkeln und ermittelt bei jeder Härte die zu jedem Einfallswinkel gehörige Erythemdosis, so wird man auf ähnliche Kurven kommen, wie man sie bei den Dosimetern gefunden hat. Nach allen Überlegungen ist zu erwarten, daß die Kurve der Erythemdosen bei verschiedenen Einfallswinkeln in der Nähe der Ideal-Dosimeterkurve liegen wird d. h. unabhängig vom Einfallswinkel ist, doch ist es auch durchaus möglich, daß infolge von Sekundärstrahlung oder anderer nicht in Rechnung gezogener Faktoren das Resultat wesentlich von dem erwarteten abweicht. Wie auch immer aber das Ergebnis lauten mag, sicher ist dadurch ein Anhaltspunkt mehr gewonnen, das geeignetste Dosimeter auszusuchen; offenbar wird man sich für dasjenige entscheiden, dessen Kurve bei allen Härten der Erythemdosenkurve am nächsten ist. Vielleicht werden sich für verschiedene Härtebereiche verschiedene Dosimeter ergeben.

Auch die für die Praxis so wichtige Frage, ob das Dosimeter immer auf die Haut des Patienten aufgelegt werden darf, oder ob man richtiger den Reagenzkörper senkrecht in den Strahlengang stellt, wird dadurch beantwortet.

Es gibt im praktischen Therapiebetrieb eine Reihe von Fällen, in denen es zweifelhaft ist, wo man das Dosimeter hinlegen soll; es handelt sich ja darum, daß keine Hautstelle mehr

[1]) wie man bisher annahm.

bekommt als das Dosimeter anzeigt, mit anderen Worten, das Dosimeter muß ein Maximalinstrument sein, da sonst Reaktionen (Überdosierungen) nicht zu vermeiden wären. Da die Röntgenenergie am stärksten von der Fokusdistanz abhängt (sie nimmt quadratisch mit ihr ab), hat sich die praktische Regel ergeben, das Dosimeter auf diejenige Hautstelle zu legen, die dem Fokus am nächsten ist. Eine Komplikation ergibt sich erst, sobald diese Hautstelle nicht senkrecht zum Strahlengang steht, wie das häufig bei Bestrahlung der Axilla, des Halses von vorne, usw. vorkommt. Nun ergibt sich aus den vorstehenden Überlegungen, daß man das Dosimeter jedenfalls auf die dem Fokus nächstgelegenste Hautstelle legen soll und zwar, wenn das Dosimeter ebenso unabhängig vom Einfallswinkel ist wie die Haut, so darf es aufgelegt werden, sonst muß es senkrecht zum Strahlengang aufgestellt werden.

Stimmt bei der betreffenden Härte die Dosimeterkurve mit der Erythemdosenkurve nicht überein, und legt man das Dosimeter auf die Haut auf, so werden sich Unstimmigkeiten geltend machen, d. h. die Erythemdosis wird mit wachsendem Einfallswinkel kleiner. Ist z. B. bei einer bestimmten Härte 12 H (Sabouraud-Einheiten) die Erythemdosis für eine bestimmte Hautstelle, so wird für dieselbe Hautstelle und dieselbe Strahlenhärte bei schiefer Bestrahlung (Einfallswinkel 30°) die Erythemdosis 10 H sein, da die Sabouraud-Pastille wegen ihrer stärkeren Absorption bei schiefer Bestrahlung weniger anzeigt als bei senkrechter, während die Haut wegen ihrer geringen Dicke und Absorptionskraft bei schiefer Bestrahlung ebensoviel absorbiert als bei senkrechter. Wahrscheinlich ist diese Unstimmigkeit zwischen Dosimeter und Haut bei den Iono- und Iontometern besser.

Außer für die Auswahl des besten Dosimeters und für die Erforschung der Eigenschaften der Haut, gewährt die Methode noch Aufschluß über andere wichtige Fragen; zunächst eine Anwendung auf die Vielfelderung mit überkreuzten Feldern.

Das Kreuzfeuer von Röntgenstrahlen, in welches bei schweren Fällen der erkrankte Körperteil gebracht wird, erfordert eine möglichst rationelle Ausnutzung der zur Verfügung stehenden Haut. Die beiden Mittel, die dabei zur Verfügung stehen, sind erstens die Vielfelderung mit gegeneinander abgegrenzten Feldern und zweitens die Vielfelderung mit überkreuzten Feldern. Je nach dem gegebenen Fall wird man sich für die eine oder andere der beiden entscheiden. Technisch einfacher und zeitsparender ist sicher die Methode der überkreuzten Felder (da eben die gegenseitige Abgrenzung wegfällt), daher ist sie ceteris paribus vorzuziehen; dabei spielt aber der Einfluß des Einfallswinkels auf die Erythemdosis eine fundamentale Rolle. Ist — wie ich aus den bisherigen Erfahrungen und aus den oben angestellten Überlegungen schließen muß — der Einfallswinkel ohne Einfluß auf die Erythemdosis, so wird man genötigt sein, die Mittelpunkte (Fußpunkte der Felder) im allgemeinen weiter auseinanderzurücken, als dies bis jetzt der Fall war. Ein einfaches Beispiel soll das veranschaulichen.

Die Mindestentfernung der Fußpunkte zweier benachbarter Felder ist dadurch gegeben, daß an der Überkreuzungsstelle die Erythemdosis nicht überschritten werden darf, d. h. bei jeder Bestrahlung darf diese Hautstelle nur die halbe Erythemdosis bekommen. Nimmt man an, daß die beiden sich überkreuzenden Felder auf einer ebenen Fläche liegen, so ist die Haut des Überkreuzungsgebietes erstens weiter vom Fokus entfernt und wird zweitens schräg getroffen. Bis jetzt nahm man an, daß jeder dieser Umstände die Dosis, welche diese Haut bekommt, herabsetzt; aus den obigen Überlegungen aber folgt, daß die geringere Dosis an der Überkreuzungsstelle nur durch die größere Fokusdistanz und nicht durch das schräge Auffallen der Röntgenstrahlen bedingt ist, somit ist auch die Verminderung der Dosis geringer und man muß, wenn man bei einer Bestrahlung nur die halbe Erythemdosis dem überkreuzten Gebiet verabfolgen will, die Entfernung zwischen den beiden Fußpunkten größer machen als die doppelte Fokus-Hautdistanz.

Zusammenstellung der Resultate.

1. Die Flächenenergie kann aufgefaßt werden als die Anzahl der Röntgenstrahlen, die durch ein Flächenelement (Flächeneinheit) gehen; ihre Größe in jedem Punkt des durchstrahlten Raumes ist gegeben durch den Ausdruck $E_0 \sin \alpha$; wobei E_0 die Flächenenergie auf einem Punkt der Kugelschale bezeichnet, welche um den Fokus durch den gegebenen Punkt gelegt wurde, und α den Winkel zwischen Fläche und Röntgenstrahl bezeichnet.

2. Die Dosis (richtiger die mittlere Oberflächendosis) kann aufgefaßt werden als die Anzahl der Röntgenstrahlen, die in einem an der Oberfläche des Körpers gelegenen Volumelement (Volumeinheit) absorbiert worden sind. Ihre Größe ist unabhängig von dem Einfallswinkel der Röntgenstrahlen, bestimmt durch den Ausdruck $\frac{E_0}{a}$ log nat 2 (wobei a die H.W.S. der Strahlung in dem betreffenden Körper bezeichnet).

3. Ein Instrument (Radiometer) mißt Flächenenergie oder Dosis, je nachdem seine Angaben bei jeder Härte sich prop. dem Sinus des Einfallswinkel ändern oder von ihm gänzlich unabhängig sind.

4. Die Haut verhält sich ähnlich einem Dosimeter, d. h. die Hautreaktion ist unabhängig vom Einfallswinkel allein durch die Größe des Ausdrucks $\frac{E_0}{a}$ log nat 2 gegeben.

5. Das Radiometer darf nicht immer auf die Haut aufgelegt werden, sondern es muß auf der dem Fokus nächsten Hautstelle senkrecht in den Strahlengang gestellt werden.

6. Bei überkreuzten Feldern muß man darauf Rücksicht nehmen, daß die benachbarten Fußpunkte nicht zu nahe aneinanderrücken, da die durch Überkreuzung doppelt getroffene Hautstelle bei einer Bestrahlung nur durch die große Fokusdistanz, nicht aber auch (wie man bisher vermutet hat) durch das schräge Auffallen der Röntgenstrahlen eine geringere Dosis bekommt.

IV.

Experimentelle Untersuchungen über die Einwirkung der Röntgenstrahlen auf das Selen.

Von
Dr. **Robert Fürstenau**, Berlin.

I. Einleitung.

An die Spitze dieser Arbeit habe ich das Wort „experimentell“ gestellt, um den Gegensatz zu betonen, in welchen sich dieselbe gegenüber einigen neueren Arbeiten über das Selen stellt. Über die Eigenschaften des Selens den Röntgenstrahlen gegenüber ist nämlich bisher **auf experimentellem Wege** nur wenig ermittelt worden. In dem bekannten Buch von Ries, welches wohl die vollständigste Zusammenstellung aller über das Selen bekannten Versuchsdaten enthält, ist der Einwirkung der Röntgenstrahlen auf das Selen nichts als folgender Abschnitt gewidmet:

„In ähnlicher Weise wie die Lichtstrahlen vermögen auch die unsichtbaren Strahlungen, wie sie von Röntgenapparaten und radioaktiven Substanzen ausgehen, den Widerstand des Selens herabzusetzen. Ihre Wirkung ist zwar geringer, aber durchgreifender, indem die Zellen nach der Bestrahlung noch viel langsamer die Dunkelleitfähigkeit wieder annehmen; die Form der Erholungskurve ist im übrigen dieselbe wie nach einer Belichtung. Die Tatsache, daß die Rückkehr zur Dunkelleitfähigkeit so lange Zeit erfordert, erklärt sich wohl aus dem Umstande, daß die unsichtbaren Strahlen die Körper durchdringen, so daß auch tiefere Schichten beeinflußt werden. Es darf diese Erscheinung vielleicht als Beweis dafür angesehen werden, daß tatsächlich auch den Lichtstrahlen eine Tiefenwirkung zukommt.“

Athanasiadis fand, daß die Formel, durch welche das Verhältnis zwischen der Intensität der Röntgenstrahlung i und dem Leitungsvermögen der Selenzelle k ausgedrückt wird, identisch ist mit jener für die Lichtstrahlen. An sonstiger früherer Literatur findet sich eine Arbeit von Perreau aus dem Jahre 1899, welcher den Einfluß der Röntgenstrahlen auf den Widerstand einer Selenzelle untersucht und dabei gefunden hat, daß dieser in einem Fall von 40000 Ohm bei Bestrahlung auf 33000 Ohm herunterging, während elektrische Schwingungen keinen Einfluß auf den Widerstand der Zelle auszuüben vermochten. Himstedt konstatierte bei gleichartigen Versuchen eine Widerstandsveränderung von 50 %. Brown und Stebbins untersuchten den Einfluß von Druck, Temperatur, der Einwirkung von Radiumstrahlen und der chemischen Einwirkung von Wasserstoffsuperoxyd, von denen ja nur die Einwirkung der Radiumstrahlen in einem gewissen losen Zusammenhang mit dem Röntgenstrahleneffekt steht. Mc. Dowell untersuchte den Einfluß der Diffusion einer Strahlung innerhalb der Selenzelle, ein Vorgang, der auch eine gewisse Verwandtschaft zu der Art des Eindringens der Röntgenstrahlen in das Selen zeigt, und fand, daß die Diffusion einen nur wenig merklichen Einfluß auf die Gestalt der Erholungskurven habe. Endlich stammt eine Untersuchung von prinzipieller Bedeutung von Athanasiadis, welcher nachwies, daß genaue gesetzmäßige Beziehungen zwischen Belichtungsstärke und Widerstand der Selenzellen bestehen und daß es daher prinzipiell möglich ist, den Seleneffekt zur Intensitätsmessung an Röntgenstrahlen zu benutzen. Im Gegensatz hierzu spricht Voltz auf Grund einiger an einer Selenzelle vorgenommener Messungen die Ansicht aus, daß sich das Selen nicht als Grundlage für Röntgenstrahlenmessungen eigne. Daß diese Meinung unzutreffend ist, habe ich in einer Erwiderung auf die Voltzsche Arbeit nachgewiesen, und dies wird im übrigen weiter klar aus der nachstehenden Arbeit hervorgehen. Voltz hat darauf in einer weiteren Arbeit seine Einwände stillschweigend fallen lassen und sich darauf beschränkt, den Verdacht auf Vorhandensein selektiver Absorption in der Selenzelle auszusprechen, ohne indessen einen experimentellen Beweis hierfür zu geben. Infolgedessen sah ich mich zu keiner weiteren Erwiderung veranlaßt. Ich werde jedoch auf die Frage der selektiven Absorption in der vorliegenden Arbeit genauer eingehen. Die Voltzsche Arbeit ist ein Musterbeispiel für diejenige Art experimenteller Arbeit, die gerade beim Selen zu absoluten Fehlschlüssen führt; denn ihre Resultate sind an einer einzelnen Zelle gewonnen, die noch dazu eine Reihe von anomalen Eigenschaften aufwies, mit denen man auch schon bei den Lichtuntersuchungen am Selen zu kämpfen gehabt hat, und deren Vorhandensein eine Selenzelle überhaupt für jeden praktischen Gebrauch unverwendbar macht. Es ist natürlich ganz falsch, die Eigenschaften solcher anomaler Selenpräparate verallgemeinern zu wollen. Den gleichen Fehler begeht Grann, wenn er in seiner im übrigen als Übersichtsreferat über alle bisher bekannten Arbeiten über das Selen äußerst wertvollen Arbeit den Versuch macht, aus den Lichteigenschaften von Selenzellen das Verhalten derselben Röntgenstrahlen gegenüber zu ergründen, ohne experimentelles Material als Grundlage zu benutzen. Sicherlich lag dies auch nicht in der Absicht Granns, sondern er wollte wohl nur eine möglichst vollständige Übersicht über alle bisher bekannten Seleneigenschaften geben und nun eine theoretische Untersuchung darüber anstellen, ob und inwiefern sich aus diesen Eigenschaften die Berechtigung herleiten läßt, eine Verwendungsmöglichkeit des Selens für Röntgenstrahlenmessungen zu postulieren. Wenn seine Arbeit diese Aufgabe auch in mustergültiger Weise löst, so ändert dies natürlich nichts daran, daß eben mangels umfangreicher experimenteller Daten die gezogenen Schlüsse wohl richtig sind für Zellen, die eben jene „Lichteigenschaften" besitzen, prinzipiell aber und in der verallgemeinerten Form unrichtig sind. Es ist dies ein Fehler, der in der Selenliteratur immer wieder gemacht wird und der mir ohne weiteres entschuldbar erscheint insofern, als die Selenpräparate, welche die verschiedenen Autoren für ihre Versuche zur Verfügung hatten, infolge der verschiedenen Art ihrer Herstellung die größte gegenseitige Verschiedenheit in ihrem Verhalten aufwiesen. In der Tat hat es sich gezeigt, daß bei den Zellen gewöhnlicher Bauart, die nach verschiedenen

Methoden hergestellt sind, eine derartige Unsumme verschiedener und einander zum Teil widersprechender Phänomene auftritt, daß es schwierig erscheint, hieraus einen allgemein gültigen Kern herauszuschälen. Man darf aber darum auch nicht umgekehrt alle diese individuellen Einzelerscheinungen als allgemeine Eigenschaften des Selens hinstellen, denn das muß, wie es auch wirklich geschehen ist, dazu führen, das Selen als eine in ihrem Verhalten äußerst komplizierte und sich ganz ungesetzmäßig verhaltende Substanz zu betrachten. Daß dies aber gar nicht der Fall ist, werden wir noch sehen. Es muß auch von vornherein als recht unwahrscheinlich erscheinen, daß ein wohldefiniertes chemisches Element, wie es das Selen ist, sich so ganz anders verhalten sollte als andere Substanzen, sobald sie nur in reinem, physikalisch und chemisch definiertem Zustande verwendet werden. Die zu lösende Aufgabe besteht eben nur darin, einen solchen wohldefinierten Zustand herbeizuführen und an einem solchen Stoff die Untersuchungen durchzuführen, um dann an einem möglichst umfangreichen Material, also z. B. an Hunderten von Einzelexemplaren, auf Grund der Messungsergebnisse die **charakteristischen** Eigenschaften von den **zufälligen** zu trennen. Es läßt sich vermuten — und diese Vermutung ist durch die seit einer Reihe von Jahren von mir und meinem Mitarbeiter Dr. Eppens durchgeführten systematischen Untersuchungen an einem gewaltigen Selenzellenmaterial bestätigt worden —, daß es dabei gelingen muß, die Ursachen aller anormaler Erscheinungen aufzudecken und zu lernen, sie zu vermeiden. Unsere Arbeiten haben uns gezeigt, daß es gelingt, zu einem Selenmaterial zu gelangen, welches als Selenzelle ein genau ebenso gesetzmäßiges Verhalten zeigt, wie es etwa Kupfer, Eisen, Silber oder irgendein anderes chemisches Element in seinen physikalischen und chemischen Eigenschaften tut.

II. Die anomalen Seleneffekte.

Wenn man Selenzellen der gewöhnlichen Herstellungsart, wie sie also für Lichtzwecke vielfach benutzt worden sind, verwendet resp. nach den in der Literatur beschriebenen Herstellungsmethoden Selenzellen anfertigt, so bemerkt man, daß dieselben in bezug auf ihren Dunkelwiderstand und ihr Verhalten bei Belichtung sowohl mit Licht als auch mit Röntgenstrahlen eine Reihe von merkwürdigen Erscheinungen zeigen, von denen diejenigen nachstehend beschrieben werden sollen, welche sich als charakteristisch aus vielen anderen mehr zufälligen Erscheinungen herausheben.

a) Das Verhalten des Dunkelwiderstandes.

Unter dem Dunkelwiderstand einer Selenzelle versteht man denjenigen elektrischen Widerstand (in Ohm gemessen), welchen eine Selenzelle besitzt, wenn sie, von jeder äußeren Strahlung abgeschlossen, sich selbst überlassen bleibt. Gemessen wird dieser Dunkelwiderstand auf elektrischem Wege mit Hilfe der gebräuchlichen Methoden, z. B. durch Einschalten in eine sogenannte Wheatstonesche Brückenschaltung. Es zeigt sich nun, daß die Größe des Dunkelwiderstandes, welche man hierbei mißt, in gewissen nicht sehr erheblichen Grenzen abhängig ist von der Spannung des Stromes, mit welchem die Widerstandsmessung vorgenommen wird. Will man daher einwandfreie Resultate erhalten, so ist es nötig, die Widerstandsmessung mit konstanter Spannung auszuführen; tut man dies, was leicht zu erreichen ist, so erhält man eindeutige Werte für den Dunkelwiderstand. Beobachtet man nun den Wert des Dunkelwiderstandes, etwa beginnend mit dem Tage der Herstellung der Zelle, während einer Anzahl von darauffolgenden Tagen und trägt man die gemessenen Werte in bekannter Weise in ein Koordinatensystem ein, so erhält man das durch Fig. 1 wiedergegebene Bild. Wie man sieht, besitzt die Zelle am Tage der Herstellung einen relativ niedrigen Dunkelwiderstand, der im Laufe der nächsten 14 Tage zunächst ein ständiges Anwachsen zeigt. Das Anwachsen wird vorübergehend unterbrochen durch ein Zurückgehen des Dunkelwiderstandes, worauf der letztere weiter ansteigt, bis er (in der Figur) am 26. Tage nach der Herstellung einen einige Zeit kon-

stant bleibenden Wert von ca. 70000 Ohm annimmt. Sein Wert sinkt dann wieder ab, um von neuem anzusteigen und dann wieder herabzugehen. Am 50. Tage nach der Herstellung ist der Dunkelwiderstand wieder höher geworden. Wenn man die Beobachtungen fortsetzt, so findet man ein andauerndes Hin- und Herpendeln der Werte, so daß mithin ein konstanter Dunkelwiderstand überhaupt nicht erreicht wird. Irgendeine Gesetzmäßigkeit läßt sich aus solchen Kurven nicht konstruieren, wenn man von der Tatsache absieht, daß der Dunkelwider-

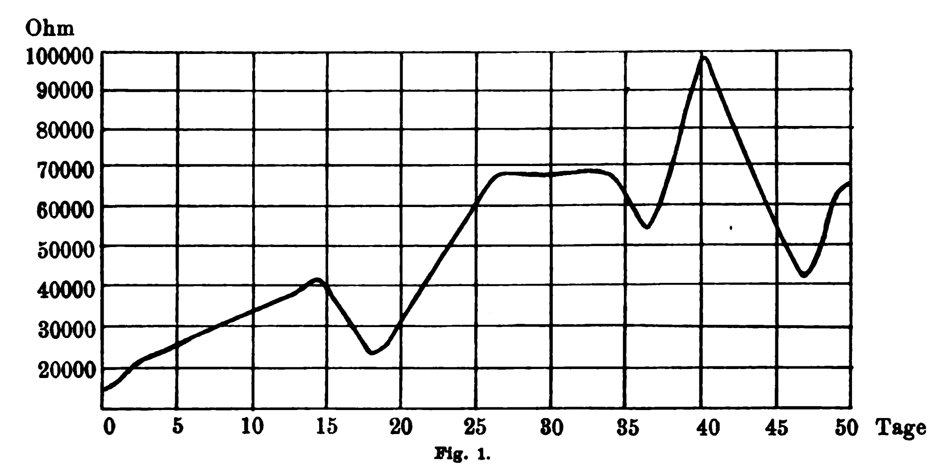


Fig. 1.

stand in den ersten Wochen nach der Herstellung im ganzen eine sichtlich ansteigende Tendenz besitzt. Im übrigen können aber die Schwankungen ganz willkürlich anders verlaufen; es gibt also Fig. 1 nur einen beliebig herausgegriffenen Einzelfall wieder. Gesetzmäßigkeiten für den genauen quantitativen Verlauf existieren nicht, auch das weitere Hin- und Herpendeln des Widerstandswertes findet in ganz unregelmäßiger Weise statt. Da aber der Dunkelwiderstand diejenige Grundgröße darstellt, welche die Konstanz des Selenpräparates widerspiegelt

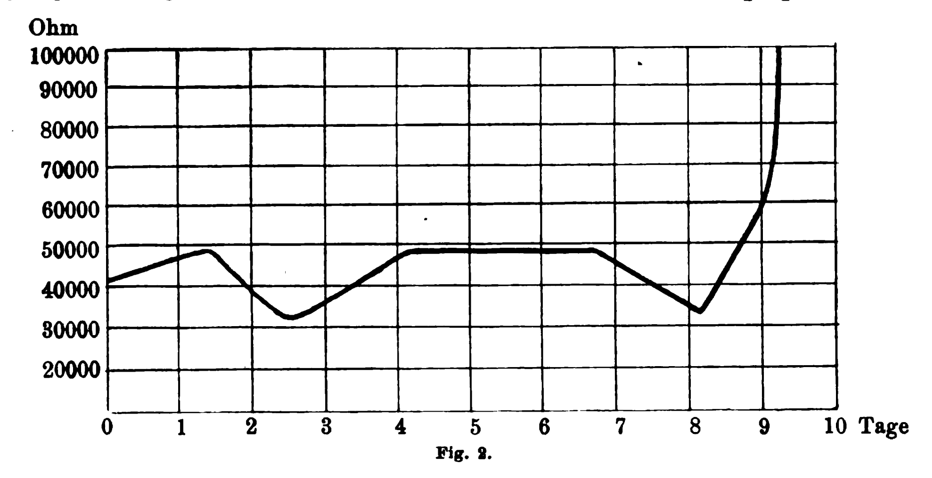


Fig. 2.

und von der aus die Mehrzahl der Messungen sich aufbaut, so ist es einleuchtend, daß eine solche Selentype zu irgendwelchen praktischen Messungen niemals Verwendung finden kann.

Nachdem der Dunkelwiderstand in jenes Stadium des Hin- und Herpendelns, wie es vorstehend geschildert ist, eingetreten ist, findet man bei andauernder Weiterbeobachtung in einer großen Zahl von Fällen folgende Erscheinungen, die sich ebenfalls als typisch erweisen. Wie in Fig. 2 dargestellt, schwankt der Dunkelwiderstand hin und her, bleibt auch einmal einige Tage konstant, um dann von neuem inkonstant zu werden. Plötzlich jedoch wächst von einem Tage zum anderen der Widerstandswert ganz beträchtlich an, und zwar strebt er Werten zu, die das Hundertfache und mehr als der Anfangsdunkelwiderstand betragen. Es sind Werte von vielen 100000 Ohm, welche erreicht werden und welche also zeigen, daß in diesem Stadium

das Selen seine vorher vorhandene elektrische Leitfähigkeit praktisch völlig eingebüßt hat. Hand in Hand hiermit geht in der Regel eine ganz wesentliche Herabsetzung der Empfindlichkeit.

Eine andere Reihe von Präparaten zeigt das entgegengesetzte Verhalten, wie es durch die Kurven I und II in Fig. 3 wiedergegeben ist. Wenn wir zunächst Kurve I betrachten, so

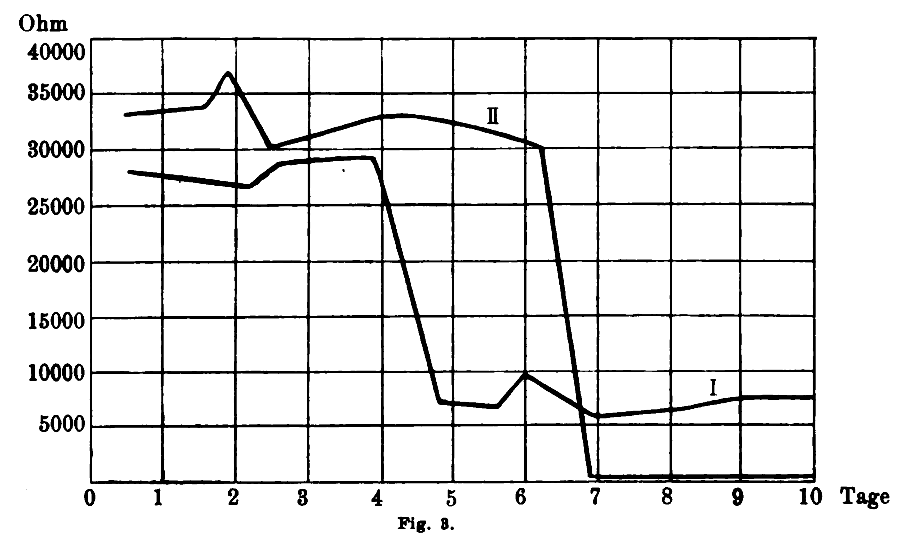


Fig. 3.

sehen wir, daß der Dunkelwiderstand die bekannten unregelmäßigen Schwankungen aufweist, um dann plötzlich von einem Tage zum anderen auf etwa den sechsten Teil seines bisherigen Wertes herabzusinken und sich dann unter andauernden unregelmäßigen Schwankungen dort zu halten. Schuld hieran sind bestimmte kristallinische Umlagerungen innerhalb des Selens, die auch das Hin- und Herschwanken des Dunkelwiderstandes veranlassen und auch zu dem in Fig. 2 gezeigten Verhalten führen können. Noch schärfer ausgeprägt ist diese Erscheinung in dem Verhalten von Zellen, wie sie Kurve II in Fig. 3 wiedergibt. Der Dunkelwiderstand sinkt hier auf einen Wert von wenigen hundert Ohm herab, unterliegt von da ab jedoch keinerlei Schwankungen mehr, sondern bleibt nunmehr dauernd auf dem gleichen niedrigen Werte stehen. Der Vorgang, der sich hierbei abspielt, ist eine Art Kurzschluß, welcher zur Folge hat, daß der eigentliche Selenwiderstand so gut wie ausgeschaltet ist. Der Kurzschluß ist aber nicht etwa durch gegenseitige Berührung der Stromzuleitungen o. ä. hervorgerufen, sondern er spielt sich innerhalb der Selenmasse durch chemische und physikalische Veränderungen ihrer Konstitution ab. Parallel damit geht einher der fast völlige Verlust der Empfindlichkeit.

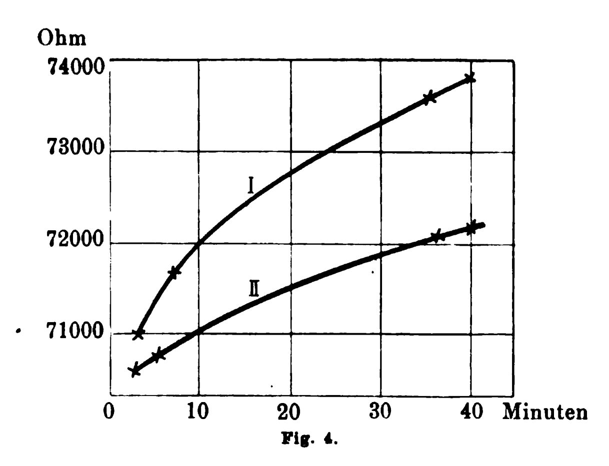


Fig. 4.

Legt man zur Messung des Dunkelwiderstandes an eine Zelle eine unveränderliche Spannung an und läßt den hierdurch hervorgerufenen Strom durch die Zelle fließen, so beobachtet man folgende Erscheinung, welche bereits früher gefunden wurde und auf welche kürzlich Greinacher von neuem aufmerksam gemacht hat: Der Dunkelwiderstand der Zelle (vgl. Kurve I in Fig. 4, welche von Greinacher stammt), welcher beim Beginn der Messung 71 000 Ohm betrug, wächst im Laufe von 40 Minuten bis auf 74 000 Ohm an, lediglich veranlaßt durch das Hindurchgehen des Gleichstromes. Fügt man nun in den Stromkreis einen Stromwender

ein und führt man die Messung des Dunkelwiderstandes jedesmal in beiden Stromrichtungen aus, so bemerkt man in der zweiten Stromrichtung (Kurve II in Fig. 4), daß der Wert des Dunkelwiderstandes sich seinem Betrage nach verschieden ergibt, je nachdem der Strom in der einen oder der anderen Richtung die Zelle durchfließt. Bei der ersten Messung erhält man in beiden Stromrichtungen nur sehr wenig voneinander abweichende Werte; je länger der Strom jedoch durch die Zelle hindurchfließt, desto stärker weichen die Werte des Dunkelwiderstandes, in beiden Richtungen gemessen, voneinander ab, und zwar beträgt die Differenz nach 40 Minuten schon beinahe 2000 Ohm, während sie am Beginn nur wenige 100 Ohm ausmachte. Es sind also zwei Erscheinungen, welche sich nebeneinander her unter dem Einfluß des Stromdurchganges in der Zelle abspielen:

1. die Zelle nimmt unter der Wirkung des sie durchfließenden Gleichstromes einen mit der Zeit anwachsenden Dunkelwiderstand an,
2. es tritt in der Zelle unter der Einwirkung des Gleichstromes eine Polarisation auf, welche zur Folge hat, daß der Widerstandswert in beiden Stromrichtungen verschieden hoch wird. Es ist dies eine Polarisation, die genau derjenigen in einer elektrolytischen Zelle entspricht und deren Auftreten anzeigt, daß durch die Zelle hindurch ein Transport von materiellen Teilchen von einer Elektrode zur anderen mit dem Strom stattfindet.

b) Empfindlichkeit.

Unter der Empfindlichkeit einer Zelle versteht man denjenigen prozentualen Betrag, um welchen sich der Widerstand der Zelle bei Belichtung mit einer ursprünglich beliebig auswählbaren Einheitslichtstärke ändert. Geht beispielsweise der Widerstand von 100 000 Ohm dabei

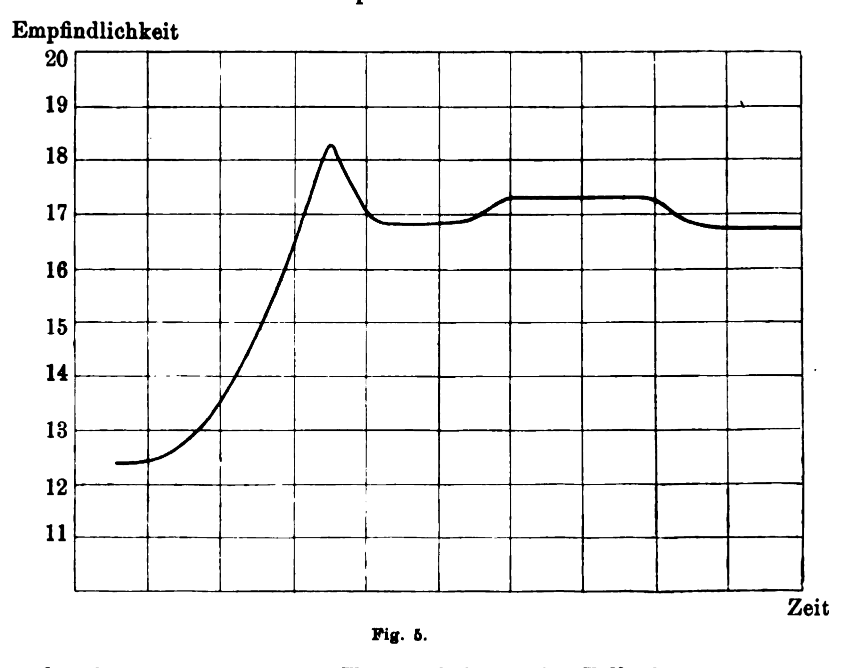


Fig. 5.

auf 10 000 Ohm herab, so sagt man, die Empfindlichkeit der Zelle beträgt 10. Die Empfindlichkeit ist eine der charakteristischsten Eigenschaften eines Selenpräparates, und sie spielt für die praktische Anwendung die Hauptrolle, da man an eine praktische Verwendung einerseits nur denken kann, wenn die Empfindlichkeit hoch genug ist, andererseits nur dann, wenn der Wert der Empfindlichkeit als solcher keinen spontanen Schwankungen unterworfen ist. Wie es damit bei den oben charakterisierten Zellen steht, zeigt Fig. 5, in welcher die Abhängigkeit des Wertes der Empfindlichkeit von der Zeit wiedergegeben ist. Der in der Kurve am Beginn zum Ausdruck kommende relativ starke Anstieg der Empfindlichkeit bezieht sich auf ein Stadium, in welchem sich die Zelle bald nach ihrer Herstellung befindet; die Empfindlichkeit erreicht dann

einen gewissen Höchstwert, um von da ab in ganz ähnliche unregelmäßige Schwankungen überzugehen, wie man sie am Dunkelwiderstand ebenfalls beobachten kann. Ein konstanter Wert für die Empfindlichkeit stellt sich auch bei lang andauernder Beobachtung nicht ein, so daß mithin bei einer und derselben Belichtungsstärke ein Meßinstrument, das mit einer solchen Selenzelle verbunden wäre, einen ganz verschieden großen Ausschlag zeigen würde. Voraussetzung für die Möglichkeit des Baues eines brauchbaren Instrumentes muß aber selbstverständlich die Forderung sein, daß bei gleicher Belichtungsstärke auch stets der gleiche Ausschlag am Meßinstrument erzielt wird. Zellen, wie die vorstehende, welche diese Forderung nicht erfüllen, sind unbrauchbar.

c) Das Verhalten der Zelle bei Belichtung.

Belichtet man eine nach den gewöhnlichen Methoden hergestellte Selenzelle und beobachtet man die durch die Belichtung hervorgerufene Widerstandsveränderung, sowie das Verhalten des Widerstandes bei darauffolgender Verdunkelung, so wird man aus einer Fülle von mehr oder minder unregelmäßigen Einzelerscheinungen leicht zwei voneinander verschiedene Arten des Verhaltens bei Belichtung sich in charakteristischer Weise aus den Einzelerscheinungen herausheben sehen. Das eine Verhalten ist charakterisiert durch eine bei konstanter

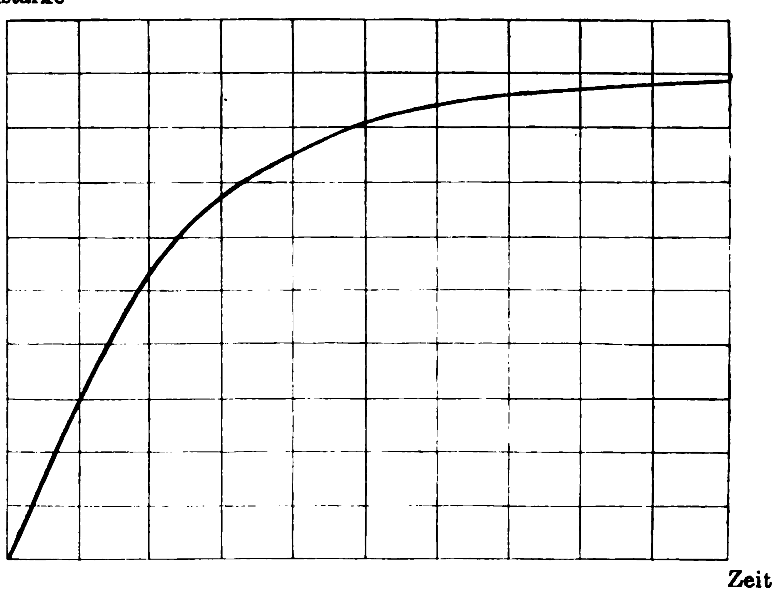


Fig. 6.

Belichtungsstärke mit der Zeit nur langsam fortschreitende Verminderung des Widerstandswertes. Dementsprechend steigt die etwa am Galvanometer zu beobachtende Stromstärke nur äußerst langsam an in der Weise, wie es die in Fig. 6 wiedergegebene Kurve zeigt. Mit wachsender Zeitdauer nähert sich die Kurve asymptotisch einem Maximalwert, demjenigen Widerstandswert also, welcher der angewendeten Belichtungsstärke entspricht. Man sagt dann, die Zelle besitze eine sehr große **Trägheit,** und man wird finden, daß diese gleiche Trägheit auch nach erfolgter Abdunkelung der Zelle beim Zurückgehen der Stromstärke auf den Anfangswert zur Geltung kommt, d. h. nach Aufhören der Belichtung geht der Widerstand der Zelle nur sehr langsam auf den früheren Dunkelwiderstand zurück, und es kann unter Umständen tagelang dauern, bis der Wert des Dunkelwiderstandes wieder erreicht worden ist. Eine andere Art von Selenzellen, welche sich von der eben beschriebenen durch die Art der Kristallisation des Selens unterscheidet, zeigt das in Fig. 7 wiedergegebene Verhalten. Bei Einsetzen der Belichtung steigt hier die Stromstärke sehr schnell bis zu einem Maximum, um sofort nach Erreichung dieses Maximums wieder abzusinken auf einen Wert, der zwischen dem ursprünglichen

und dem maximalen Stromstärkenwert liegt. Man spricht hier von einer starken **„Ermüdung“** der Zelle, während die Trägheit derselben verschwindend gering ist. Bei derartigen Zellen ist es ebensowenig wie bei dem in Fig. 6 gekennzeichneten Typus möglich, einer bestimmten

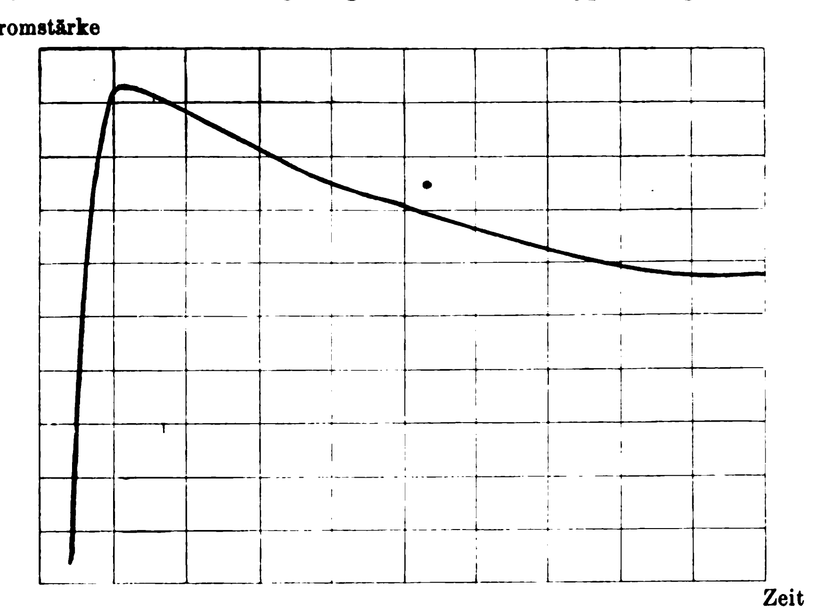


Fig. 7.

Belichtungsstärke einen ebenso bestimmten Widerstandswert zuzuordnen, da letzterer sich in jedem Augenblick ändert.

Das Verhalten des Widerstandes nach Aufhören der Belichtung kann dabei eine noch etwas größere Mannigfaltigkeit zeigen; als charakteristisch heben sich drei Fälle heraus, welche in Fig. 8 dargestellt sind. In dieser Figur gibt Kurve I das Verhalten einer Zelle wieder,

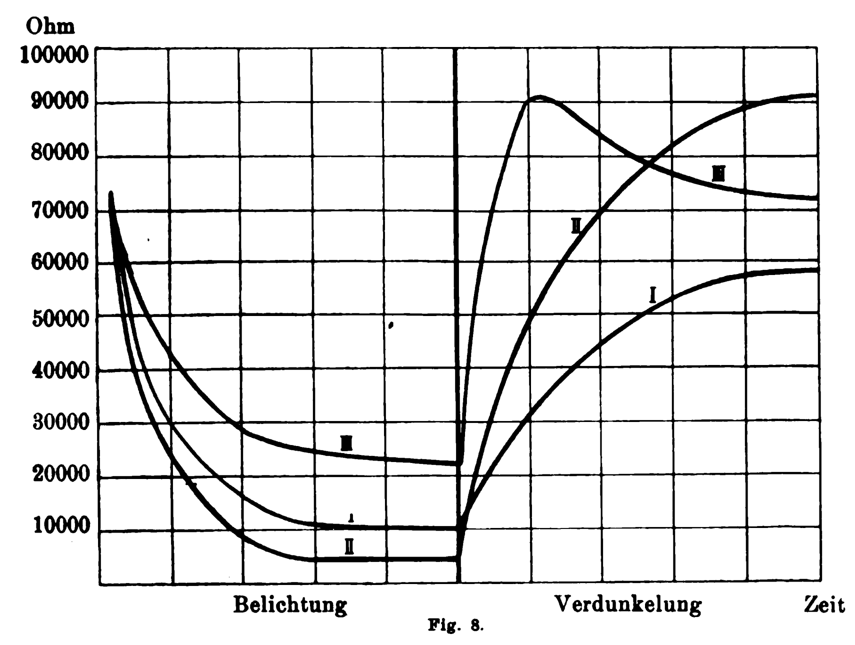


Fig. 8.

deren Widerstand sich bei der Belichtung zunächst in der bekannten Weise asymptotisch einem Endwert nähert. Nach Eintritt der Verdunkelung steigt der Widerstand langsam wieder an und nähert sich dabei allmählich einem Wert, welcher beträchtlich unterhalb des Anfangswertes liegt. Es wird also der ursprüngliche Dunkelwiderstand, der bei der in Fig. 8 wiedergegebenen

Zelle zirka 74 000 Ohm beträgt, nicht wieder erreicht, wenigstens nicht innerhalb einer Zeit, welche auch nur annähernd in einem Verhältnis zu derjenigen Zeitdauer steht, während welcher bei Belichtung der Widerstand vom Dunkelwert bis auf das erreichte Minimum herabging. Erst nach außerordentlich langer Zeit gehen solche Zellen wieder auf den Dunkelwiderstand hinauf, vielfach erreichen sie diesen auch überhaupt nicht wieder. Ein zweiter Zellentypus ist durch die Kurve II in Fig. 8 wiedergegeben. Bei diesem Typus tritt das Entgegengesetzte wie bei dem Typus I ein, d. h. der Widerstand geht nach Beginn der Abdunkelung relativ schnell auf einen Wert herauf, der wesentlich höher liegt als derjenige des Dunkelwiderstandes. Werden solche Zellen häufig abwechselnd einer Belichtung und nachfolgender Abdunkelung unterworfen, so kann man finden, daß sie „klettern", daß also ihr Dunkelwiderstand von Mal zu Mal höheren Werten zustrebt, und es gibt Exemplare, bei denen der Dunkelwiderstand schließlich Werten von vielen 100 000 Ohm zustrebt, in derselben Weise, wie dies in Fig. 2 dargestellt war. Während die in Fig. 2 dargestellten Zellen jedoch bei Nichtvorhandensein jedes anderen Einflusses ein durchaus spontanes Klettern des Dunkelwiderstandes zeigen, tritt dies bei den Zellen der Type II (Fig. 8) unter dem Einfluß der Belichtung ein. Es handelt sich hierbei um eine katalytische Wirkung der Strahlen (es kann die Wirkung sowohl

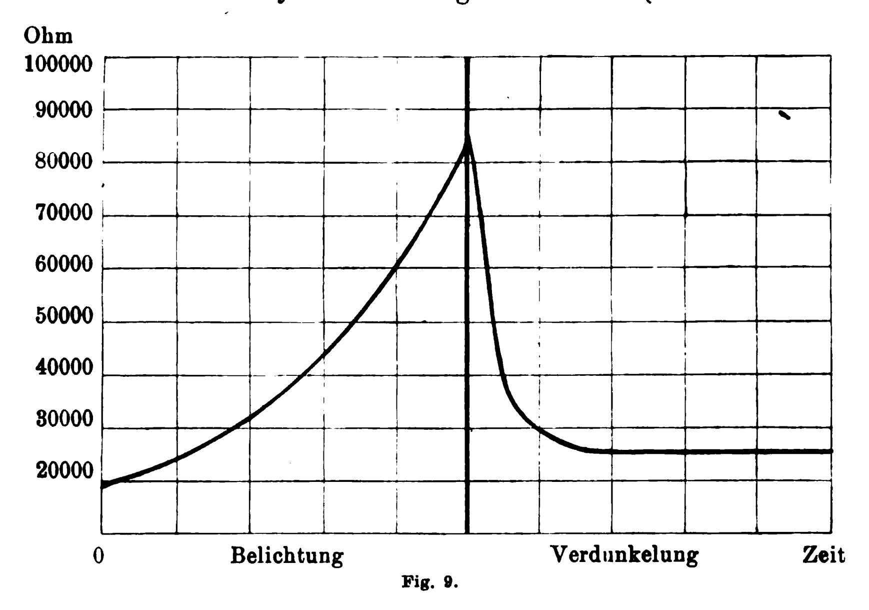


Fig. 9.

durch Licht- als auch durch Röntgenstrahlen hervorgerufen werden), insofern, als die gleichen molekularen Umlagerungen innerhalb des Selenpräparates wie bei Zellen des in Fig. 2 dargestellten Typs auch hier eintreten, jedoch daß das Eintreten dieser Umlagerungen erst durch die Strahleneinwirkung eingeleitet resp. beschleunigt wird. Ohne Strahleneinwirkung würde bei diesen Zellen das Klettern des Dunkelwiderstandes gar nicht oder nur äußerst langsam erfolgen; durch die Einwirkung der Strahlen wird der Vorgang so stark beschleunigt, daß Veränderungen, die bei Wegfall äußerer Einflüsse Wochen und Monate zu ihrem Ablauf brauchen würden, sich innerhalb weniger Minuten vollziehen. Es handelt sich also um eine durchaus charakteristische Wirkung katalytischer Art, wie man sie bei vielen anderen chemischen Vorgängen beobachten kann (Beispiel: Bildung von Ozon unter Einwirkung ultravioletter Strahlen, Vereinigung von Wasserstoff und Chlor zu HCl unter Einwirkung des Sonnenlichtes).

Ein dritter Zellentyp endlich (vgl. Fig. 8, Kurve III) zeigt folgendes Verhalten: Nach Beginn der Verdunkelung steigt der Widerstand ziemlich schnell auf einen Wert, der beträchtlich über demjenigen des Dunkelwiderstandes liegt; darauf kehrt sich der Gang des Widerstandes um, sein Wert sinkt langsam ab, um sich mit fortschreitender Zeit dem Anfangswert des Dunkelwiderstandes wieder zu nähern.

Sobald man durch entsprechende Maßnahmen dafür sorgt, daß sich innerhalb des Selenpräparates bestimmte Selenide bilden, kann man Zellen erhalten, welche das in Fig. 9 wiedergegebene Verhalten bei Belichtung und Verdunkelung zeigen. Bei Belichtung sinkt der Widerstand nicht, wie man erwarten sollte, ab, sondern er steigt vielmehr an. Die Zelle wird mithin nicht wie sonst leitfähiger, sondern ihre Leitfähigkeit vermindert sich. Dieser Vergrößerung des Widerstandes kann eine kurz andauernde Verminderung vorausgehen; jedoch ist dieselbe in der Regel nur gering, und der Widerstand strebt schnell hohen Werten zu. Läßt man nunmehr Abdunkelung eintreten, so kann der Widerstand, wie in Fig. 9 dargestellt, wieder bis in die Nähe des früheren Wertes herabsinken. Häufig beobachtet man jedoch auch, daß der Widerstand nur wenig absinkt, manchmal sogar, daß er weiter ansteigt. Wiederholt man an der gleichen Zelle diese Versuche, so erzielt man dadurch ein ähnliches Klettern des Dunkelwiderstandes, wie es im vorigen Absatz bereits besprochen wurde.

Ein Teil der vorstehend beschriebenen Erscheinungen ist bereits früher beobachtet worden, und die ganz besonders atypischen von ihnen, wie z. B. das in Fig. 9 wiedergegebene Verhalten, hat man als „anomal“ bezeichnet, während man der Meinung war, daß die übrigen Unsicherheiten und Schwankungen in der Größe des Dunkelwiderstandes, der Empfindlichkeit usw. auch bei denjenigen Zellen immer auftreten, welche man als „normal“ bezeichnet, und damit bildete

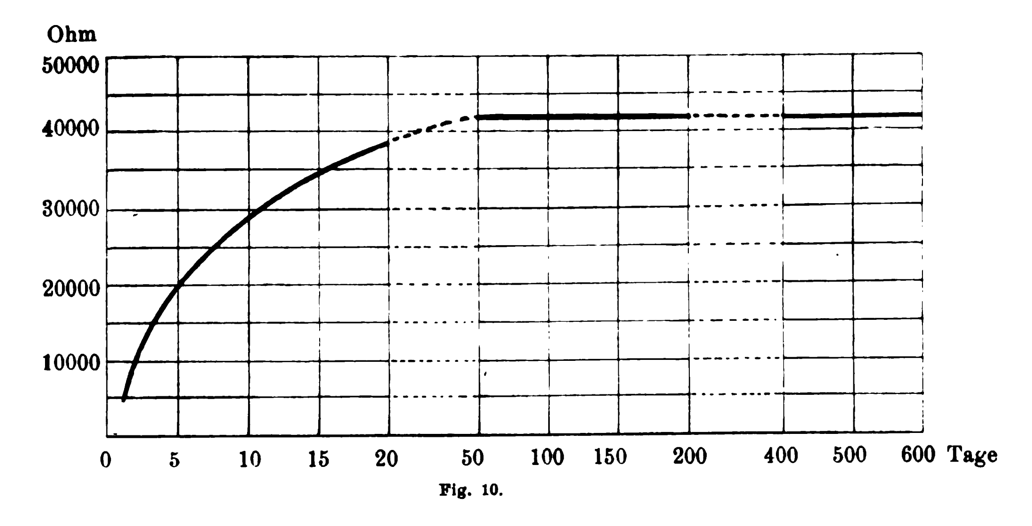


Fig. 10.

sich naturgemäß die Meinung, daß es überhaupt nicht gelingen könnte, jene Schwankungen und jenes ungesetzmäßige Verhalten als zur Natur des Selens gehörig von ihm zu trennen. Diese Ansicht ist eine irrige, denn es zeigt sich, wie schon in der Einleitung bemerkt, daß es sehr wohl möglich ist, die Ursachen jener Schwankungen aufzudecken und sie zu beseitigen, um mit ihnen auch jene auszumerzen. Die Ursachen sind in der Hauptsache: Unreinheit des Ausgangsmaterials, Verwendung einer ungeeigneten Modifikation, von welchen das Selen nicht zwei oder drei, wie es die Literatur angibt, sondern weit mehr besitzt, zur Herstellung des Präparates, Bildung von Seleniden innerhalb der Präparate und eine ganze Reihe von äußeren Einflüssen, die starken zufälligen Schwankungen unterworfen sein können. Als ganz wesentlicher Faktor tritt dann natürlich noch hinzu die Art der Herstellung selbst, d. h. die Höhe und Dauer der Erhitzung, die Herbeiführung der Kristallisation, ferner die Art und vor allem die Dauer der Abkühlung während der Herstellung. Berücksichtigt man in richtiger Weise diese sämtlichen Faktoren, so schaltet man alle jene Unregelmäßigkeiten, welche auf sie zurückzuführen sind, aus und erhält ein als „normal“ anzusprechendes Präparat, welches in reiner und unverfälschter Weise die wirklichen Eigenschaften des metallischen Selens zeigt und welches sich so verhält, wie der folgende Abschnitt es zeigt.

III. Das Verhalten der „normalen“ Selenzelle.

Auch bei der Beobachtung der Eigenschaften von normalen Selenpräparaten darf man natürlich nicht den Fehler machen, daß man irgendeine Zelle herausgreift und deren Eigenschaften, die ja vielleicht zufälliger Natur sein könnten, als charakteristisch hinstellt. Dementsprechend sind die im Nachfolgenden wiedergegebenen Messungen nicht das Resultat von Beobachtungen an irgendeiner Einzelzelle, sondern sie geben den typischen Verlauf der betreffenden Vorgänge, beobachtet an vielen hundert Exemplaren wieder; die Beobachtungen erstrecken sich über eine Dauer von jetzt mehr als fünf Jahren.

a) Das Verhalten des Dunkelwiderstandes.

Der Dunkelwiderstand einer normalen Selenzelle wächst in der Weise, wie es Fig. 10 zeigt, in den ersten Wochen nach der Herstellung zuerst schneller und dann langsamer an bis zu einem Höchstwert, der häufig nach kleinen Schwankungen von mehrtägiger Dauer erreicht wird. Dieser Wert des Dunkelwiderstandes bleibt sodann, wie es die **durch Jahre hindurch** erfolgten Beobachtungen ergeben haben, **konstant.** Man hat es bei diesen Zellen also wirklich mit einem unveränderlichen Ausgangspunkt für alle durch äußere Einflüsse, z. B. die Bestrahlung, hervorgerufenen Leitfähigkeitsänderungen zu tun.

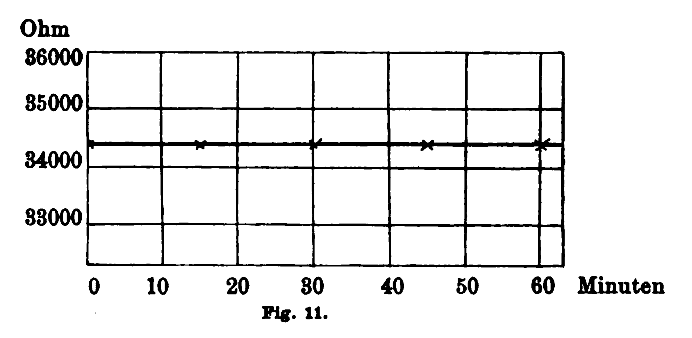


Fig. 11.

Legt man an die Zelle zur Messung des Dunkelwiderstandes eine Gleichstromspannung und läßt den von ihr hervorgerufenen Strom unverändert durch die Zelle während längerer Zeitdauer hindurchfließen, so verursacht dieser Stromfluß keinerlei Änderung des Dunkelwiderstandes, sondern verharrt in der Weise, wie es Fig. 11 zeigt, auf seinem Wert. Beim Kommutieren des Stromes findet man in der entgegengesetzten Stromrichtung keinen anderen Wert für den Dunkelwiderstand wie vorher, die Zelle bietet mithin dem elektrischen Strom in beiden Richtungen den gleichen Widerstand. Es fehlt mithin die Polarisation, und das Experiment beweist, daß jede elektrolytische Leitfähigkeit und damit jeder Transport von materiellen Teilchen von einer Elektrode zur anderen in einer solchen Selenzelle ausgeschlossen ist. Die Zelle besitzt dem Gleichstrom gegenüber mithin einen reinen Ohmschen Widerstand; einem Wechselstrom gegenüber wirkt sie infolge Fehlens der Polarisation mithin nicht gleichrichtend, und eine Phasendeformation findet nicht statt.

b) Das Verhalten der normalen Zelle bei Belichtung.

Prüft man die Größe der Widerstandsänderung einer normalen Zelle bei einer bestimmten Belichtungsstärke, d. h. also, ihre Empfindlichkeit, zu verschiedenen Zeiten, so findet man, daß die Empfindlichkeit innerhalb etwa der gleichen Zeit, während welcher der Dunkelwiderstand nach der Herstellung der Zelle im Ansteigen begriffen ist, ebenfalls ansteigt, jedoch handelt es sich um ein zahlenmäßig sehr wesentlich geringeres Ansteigen des Empfindlichkeitswertes. Die Empfindlichkeit erreicht etwa gleichzeitig mit dem Dunkelwiderstand ein Maximum (wie Fig. 12 dies wiedergibt) und behält von da ab einen konstanten Wert, so daß in Anbetracht dessen, daß sowohl Dunkelwiderstand als auch Empfindlichkeit ihren unveränderten Wert bei-

behalten, einer bestimmten Belichtungsstärke ein ganz bestimmter Wert des Zellenwiderstandes entspricht. Hierbei muß jedoch darauf geachtet werden, daß die Feststellung dieses Widerstandswertes innerhalb des hierfür geeigneten Zeitintervalls vorgenommen wird. Denn einer bestimmten Belichtungsstärke entspricht wohl ein bestimmter Widerstandswert des Selenpräparates, jedoch entspricht einer konstant bleibenden Belichtungsstärke nicht ein ebenfalls konstant bleibender Widerstandswert. Man kann in bezug hierauf an normalen Zellen zwei Typen unterscheiden, welche in Fig. 13 und 14 wiedergegeben sind. Die erste Type (Fig. 13) erreicht den der Belichtungsstärke entsprechenden Widerstand resp. die ihr entsprechende

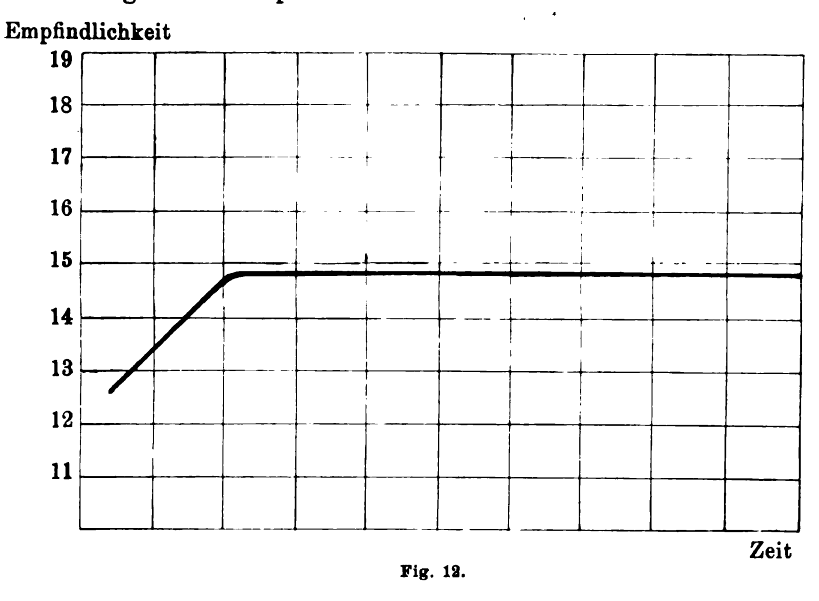


Fig. 12.

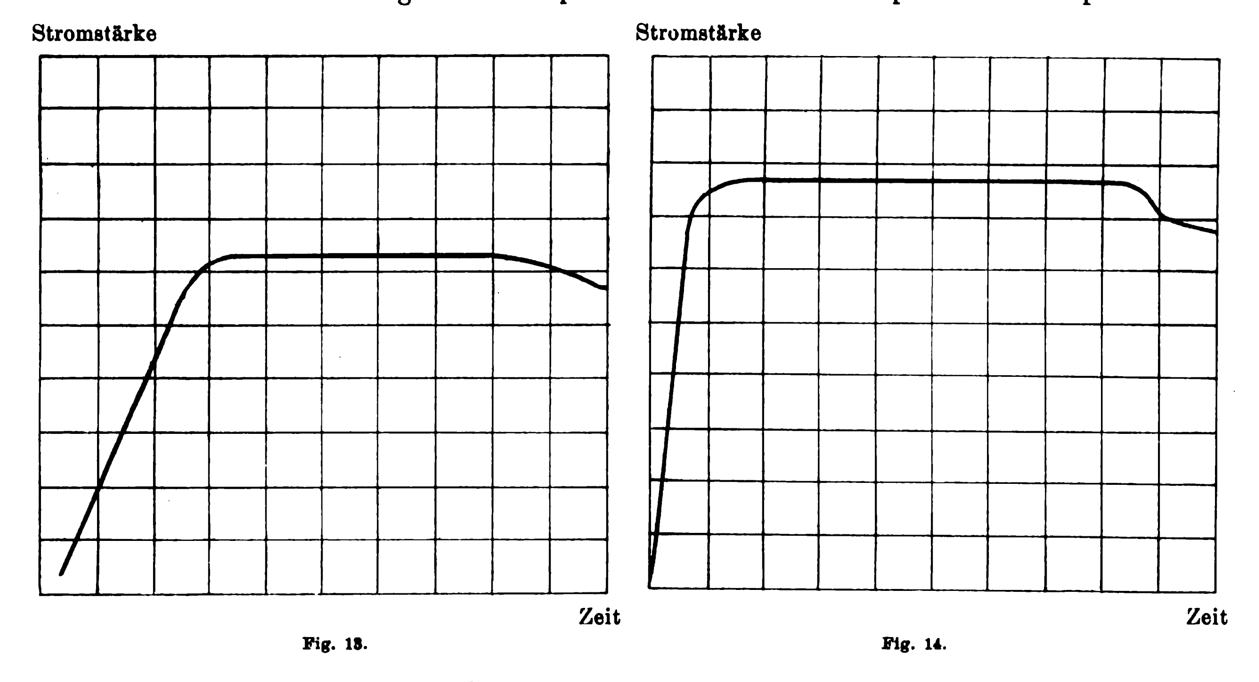


Fig. 13. Fig. 14.

Stromstärke nach einer gewissen Zeit, die etwa zwischen 45 Sekunden und 3 Minuten schwankt. Bei konstant bleibender Belichtungsstärke bleibt dieser Wert eine gewisse Zeit hindurch erhalten (die Länge dieser Zeit hängt von der Belichtungsstärke ab), darauf beginnt die Stromstärke sehr langsam wieder abzusinken. Bei dem zweiten Typus (Fig. 14) wird der der Belichtungsstärke entsprechende Widerstand sehr viel schneller erreicht, nämlich innerhalb 2 bis

30 Sekunden, darauf bleibt bei konstanter Belichtungsstärke der Widerstand konstant, um ebenfalls wieder nach gewissen von der Belichtungsstärke abhängenden Zeitdauer in stärkerem Maße als bei dem in Fig. 13 gezeichneten Typ abzusinken. Der in Fig. 13 gezeichnete Typus besitzt also eine größere Trägheit, aber kleinere Ermüdung als der in Fig. 14 gezeichnete Typus, welcher seinerseits fast so gut wie keine Trägheit, jedoch eine stärkere Ermüdung zeigt. Die Ablesung des Widerstands- oder Stromstärkenwertes hat natürlich während des Verlaufs des horizontalen Teils der Kurve zu erfolgen. Daß man diesen horizontalen Teil der Kurve erreicht hat, sieht man einfach daran, daß der Zeiger des verwendeten Meßinstrumentes einen unveränderlichen Ausschlag zeigt. Bei einer Dauerbeobachtung sind die beiden Punkte, an welchem der aufsteigende Ast zum horizontalen umbiegt, und der zweite Punkt, an welchem der horizontale wieder in den absteigenden Ast übergeht, ganz deutlich wahrzunehmen. Schwierigkeiten bereitet also die Ablesung des richtigen Widerstandswertes nicht. Für die praktischen Röntgenmeßzwecke hat sich die Verwendung von Zellen des in Fig. 14 gezeichneten Typs als besonders vorteilhaft erwiesen, weil man infolge des Fehlens der Trägheit in der Lage ist, die Ablesung innerhalb weniger Sekunden auszuführen, so daß man es nicht nötig hat, erst auf eine allmählich erfolgende konstante Einstellung des Zeigers zu warten.

Beobachtet man nunmehr an einer normalen Zelle abwechselnd den Effekt von Belichtung und Verdunkelung, so findet man zunächst, daß nach erfolgter Verdunkelung der Wider-

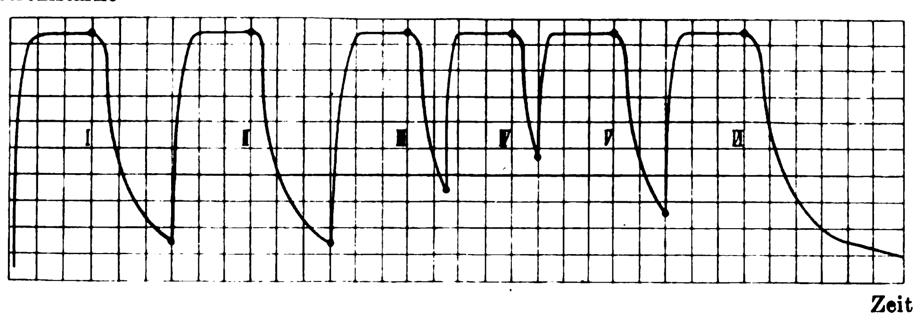


Fig. 15.

stand der Zelle langsamer auf den ursprünglichen Wert des Dunkelwiderstandes wieder hinaufgeht, als das Absinken des Widerstandes bei Belichtung erfolgte. Mit anderen Worten: Die sogenannte Verdunkelungsträgheit ist größer als die Belichtungsträgheit. Selbst Zellen des in Fig. 14 gezeichneten Typs, welche fast keinerlei Belichtungsträgheit besitzen, zeigen eine ausgesprochene Verdunkelungsträgheit, indem es je nach der Stärke der voraufgegangenen Belichtung eine mehr oder minder große Anzahl von Minuten dauert (es können bei hoher Belichtungsstärke und häufiger und langdauernder Einwirkung unter Umständen sogar Stunden vergehen), bis der Dunkelwiderstand seinen ursprünglichen Wert wieder erreicht. Man erkennt dieses Verhalten beispielsweise in Fig. 15, wenn man die erste Hälfte der Kurve I und die letzte Hälfte der Kurve VI betrachtet. Die erste Hälfte der Kurve I stellt das Anwachsen der Stromstärke bei der Belichtung der Zelle dar; man sieht, es ist praktisch keine Trägkeit vorhanden. An dem in die Kurve eingezeichneten schwarzen Punkt beginnt die Verdunkelung. Beobachtet man die Wirkung dieser Verdunkelung an Kurve VI, so sieht man, daß die Stromstärke nur allmählich wieder zurückgeht und schon in dem gezeichneten Teil der Kurve VI eine wesentlich größere Zeit braucht, um sich dem früheren Dunkelwiderstand zu nähern, als der Widerstand brauchte, um bei der Belichtung auf seinen der Belichtungsstärke entsprechenden Wert herabzusinken.

Man könnte nun leicht zu der Vermutung geführt werden, daß die Verdunkelungsträgheit eine Größe darstellt, welche die Messung zu beeinträchtigen in der Lage ist, und zwar könnte man sich vorstellen, daß die Zelle nur dann immer wieder den gleichen Widerstands-

wert für eine bestimmte Belichtungsstärke annähme, wenn die Belichtung die Zelle in ausgeruhtem Zustande, d. h. also bei Vorhandensein des vollen Dunkelwiderstandswertes trifft. Wäre diese Vermutung zutreffend, so wäre die weitere Konsequenz die, daß man nach jeder Belichtung der Zelle so lange mit der Vornahme einer neuen Belichtung warten müßte, bis die Zelle ihren Dunkelwiderstand wieder angenommen hätte. Das würde eine recht unangenehme Beschränkung der Verwendungsmöglichkeit von Selenzellen darstellen. Es läßt sich nun leicht zeigen, daß dem jedoch nicht so ist, sondern daß der einer bestimmten Belichtungsstärke entsprechende Widerstandswert stets wieder genau erreicht wird, ganz unabhängig davon, bis zu welchem Betrage der Widerstand während der Abdunkelungsperiode hinaufgegangen war, unabhängig davon also, ob der Dunkelwiderstand während der Zeit der Abdunkelung erreicht worden war oder nicht. Die Messungen sind mithin unabhängig nicht vom absoluten Betrage des Dunkelwiderstandes an sich — dessen Konstanz war in Fig. 10 nachgewiesen —, wohl aber vom Abdunkelungszustand der Zelle. In Fig. 15 sind eine Reihe von abwechselnden Belichtungen und Verdunkelungen einer und derselben Zelle wiedergegeben. Die Kurven I bis VI zeigen ebenso viele Belichtungen mit nachfolgenden Verdunkelungen an, und zwar ist die Belichtungsperiode in allen sechs Fällen von gleich langer Dauer, während die Verdunkelungsperiode von verschieden langer Dauer ist. Infolgedessen erreicht die Zelle bei den verschiedenen aufeinanderfolgenden Verdunkelungen ganz verschiedene Widerstandswerte. Beispielsweise geht sie während der Verdunkelungsperioden I und II, welche verhältnismäßig lange dauern, auf einen relativ hohen Widerstand hinauf, bei Kurve III ist jedoch die Verdunkelungsperiode wesentlich kürzer, und es wird infolgedessen nur ein entsprechend niedrigerer Widerstand während der Dauer der Verdunkelung erreicht, in Kurve IV liegt dieser Widerstandswert sogar noch niedriger. Die jedesmalige Belichtung erfolgt also ausgehend von einem anderen Leitfähigkeitszustand der Zelle, und trotzdem stellt sich die Zelle in jedem einzigen Fall wieder auf denselben konstanten Widerstandswert ein, welcher der gewählten Belichtungsstärke entspricht. Es ist mithin in der Tat der einer bestimmten Belichtungsstärke entsprechende Widerstandswert unabhängig von demjenigen Leitfähigkeitszustand der Zelle, welcher auf vorangegangene Belichtungen zurückzuführen ist. Die Angaben der Zelle sind mithin unabhängig von der sogenannten „Vorgeschichte". Den Einfluß vorangegangener Belichtungen erkennt man nur daran, daß bei aufeinanderfolgenden Belichtungen und Verdunkelungen die etwa vorhandene Belichtungsträgheit mit wachsender Belichtungszahl geringer, die Verdunkelungsträgheit dagegen größer wird. Der absolute Wert des erreichten Widerstandes ist jedoch völlig unabhängig von den Vorbelichtungen. Damit ist ein sehr wichtiger Nachweis für die praktische Brauchbarkeit der normalen Selenzelle zu Strahlenmessungen gegeben.

Würde das Verhalten der Zelle nicht das eben geschilderte sein, so würde in der Tat dasjenige vorhanden sein, was Grann den „Zeitfehler" des Selens nennt, den er, freilich ungenau, folgendermaßen definiert: „Der Dunkelleitwert der Zelle ist sehr unbeständig und richtet sich nach der vorhergegangenen Behandlung der Zelle; die Eichung wurde aber bei einem unbekannten Dunkelleitwert gemacht, der sich nachher ändert". Grann meint offenbar nicht den Dunkelleitwert, sondern die Leitfähigkeit, welche die Zelle nach erfolgter Abdunkelung im Augenblick der Messung besitzt. Dieser Wert nimmt vom Beginn der Abdunkelung mit wachsender Zeit, wie wir sehen, ab, um nach kürzerer oder längerer Zeit den wirklichen Dunkelleitwert zu erreichen. Grann meint somit also, daß die von der Eichung herrührenden Angaben eines Instrumentes abhängen von dem Widerstandswert, den die Zelle nach vorhergegangener Belichtung und Abdunkelung bei Beginn der neuen Messung gerade zufällig angenommen hat. Daß dies bei normalen Selenzellen nicht zutrifft, ist vorstehend durch die Kurven der Fig. 15 nachgewiesen. Es ist also auch der im darauffolgenden Satz der Grannschen Arbeit: „Bei einem Fürstenauschen Instrument geht der Zeiger beim Einschalten links unter 0 zurück und schlägt dort irgendwo an; würde er nicht anschlagen, so

könnte man sehen, daß er nicht immer gleich weit zurückgeht, das heißt eben, daß der Dunkelleitwert sich ändert", zwischen den Zeilen enthaltene Vorwurf, die Angaben des Intensimeters seien abhängig von dem jeweils bestehenden Leitfähigkeitswert der Zelle, also abhängig von den vorangegangenen Belichtungen, unzutreffend.

IV. Selektive Absorption.

Nach den Messungen von Barkla und Sadler besitzt das Selen einen Bezirk selektiver Absorption in der Nähe derjenigen Strahlenwellenlänge, welcher eine Halbwertschicht von 1,3 mm in Wasser entspricht. Für diejenige Wellenlänge mithin, welche der genannten Halbwertschicht entspricht, wird das mit wachsendem Härtegrad abnehmende Absorptionsvermögen des Selens durch einen starken Anstieg unterbrochen, und jene Strahlung wird in einem Betrage vom Selen absorbiert, welcher ein bestimmtes Vielfaches von demjenigen beträgt, welcher den benachbart und weiter entfernt liegenden Härtegraden zukommt. Physikalisch ist mit der Konstatierung des Vorhandenseins dieser selektiven Absorption und der Wellenlänge, bei welcher sie stattfindet, alles erschöpft. Mit Bezug auf die praktische Verwendung des Selens in der Dosierungsmethodik (Intensimeter) taucht jedoch die berechtigte Frage auf, ob diese selektive Absorption in der Lage ist, die unter Benutzung des Selens angestellten Dosierungsmessungen in ihren Resultaten merklich zu beeinflussen. Es ist dies eine Frage, welche über den Rahmen der rein physikalischen Untersuchung über die Eigenschaften des Selens Röntgenstrahlen gegenüber, wie sie in vorliegender Arbeit behandelt werden sollte, hinausgeht, und die vielleicht richtiger im Zusammenhang mit der ebenfalls praktisch interessierenden Frage, ob das Selen Dosis oder Intensität mißt, behandelt würde. Diese Fragen, welche, über die physikalischen Grundlagen der Selenwirkung hinausgehend, die rein praktische Seite der Selenverwendung berühren, werden in einer besonderen experimentellen Arbeit demnächst behandelt werden. Die Frage des eventuellen Einflusses der selektiven Absorption möchte ich jedoch schon hier kurz erörtern, da in neueren Veröffentlichungen von derjenigen Seite, von welcher die Ionisationsmethoden propagiert werden, dem Selen, da man nichts anderes mehr weiß, nunmehr der Vorwurf gemacht wird, es bestände bei ihm „der Verdacht auf selektive Absorption". Einen experimentellen Beweis, daß die selektive Absorption bei der Benutzung des Selens zu Dosierungszwecken in irgendwie merklicher Form in Erscheinung tritt, ist man dabei bis heute schuldig geblieben, und zwar einfach deshalb, weil dieser Beweis nicht zu führen ist, während das Gegenteil leicht gezeigt werden kann.

Dies ist nun in einem gewissen Umfange bereits geschehen, indem Holzknecht und Weissenberg in ihrer Arbeit: „Zur speziellen technischen Strahlenmessung" durch entsprechende Überlegungen gezeigt haben, daß schon „das dünnste praktisch in Betracht kommende Filter die der Genauigkeit der Selenzelle gefährliche Strahlung vollständig absorbiert. Resümieren wir das Bisherige, so ist zu sagen: Die Selenzelle arbeitet in diesem die sogenannte selektive Absorption betreffenden Punkte fehlerfrei". Immerhin sagen Holzknecht und Weissenberg vorher, daß „bei weicher Röhre und ohne weitere Filterung, also bei einer Verwendung des Röntgenlichtes, z. B. zu photographischen Zwecken, theoretisch ein Fehler bei Verwendung der Selenzelle entstehen muß". Dazu bemerken sie jedoch in einer Fußnote zutreffend, daß „bei dem geringen Maß von Genauigkeit, welches die photographische Aufnahme erfordert, weil dort der Entwickelungsprozeß korrigierend eingreift, der Fehler nichts bedeuten wird". Mit Rücksicht hierauf und ferner in Ansehung der Tatsache, daß die Verwendung der Selenzelle zunächst hauptsächlich für die Therapie und nicht für die photographische Technik interessiert, kommen Holzknecht und Weissenberg daher durchaus zutreffend zu dem oben zitierten generellen Ergebnis, daß die Selenzelle in bezug auf selektive Absorption fehlerfrei arbeitet.

Wenn demgegenüber Christen und Voltz beide immer wieder ihren „Verdacht" auf selektive Absorptionswirkung aussprechen zu müssen glauben, so kann man darüber hinweggehen, so lange, als sie diesen Verdacht nicht zu beweisen vermögen. Da aber selbst unbewiesene Behauptungen, wenn sie häufig und eindringlich genug wiederholt werden, leicht Gefahr laufen, schließlich als bewiesene Tatsachen legitimiert zu werden, so erscheint es mir nützlich, die von Holzknecht und Weißenberg angestellten Überlegungen nach der quantitativen Seite hin zu vertiefen, da sich hierbei noch viel deutlicher als bei der von den genannten Autoren gewählten Betrachtungsweise ergibt, daß die selektive Absorption des Selens nicht die geringste praktisch merkbare Einwirkung auf die Messungsresultate bei der Dosierung, und zwar weder bei weichen noch bei harten Strahlen, haben kann. Betrachtet man nämlich die Gesamtmenge der von der Röhre ausgesandten Strahlung S, so unterscheidet man in dieser zwei Anteile, nämlich den Teil S_1, welcher vom Selen selektiv absorbiert wird, und den übrigbleibenden Teil S_2, welcher nicht der selektiven Absorption unterliegt. Es gilt dann:

$$S_1 + S_2 = S.$$

Der der selektiven Absorption unterliegende Teil S_1 wird stets einen gewissen Bruchteil der Gesamtstrahlung ausmachen, und zwar wird der Betrag dieses Bruchteils vom Härtegrad der Strahlung abhängig sein. Die Art der Abhängigkeit besitzt eine nicht näher bestimmbare Form, da sie wesentlich bestimmt ist durch die prozentuale Zusammensetzung des von der Röhre emittierten Strahlengemisches und dieses wieder von den instrumentellen Verhältnissen, der Stromkurve usw. abhängt. Wir können also setzen:

$$S_1 = p \cdot S,$$

worin p einen echten Bruch darstellt, dessen Betrag von den vorstehend genannten Umständen abhängt. Der Betrag der übrigbleibenden Strahlung ergibt sich dann einfach zu:

$$S_2 = S \cdot (1 - p).$$

In der Selenzelle wird nun von dem Anteil S_2 ein Betrag zur Absorption gelangen, welcher bei bestimmter Selenschichtdicke nur vom Absorptionskoeffizienten der Strahlung S_2, resp. von dem Absorptionskoeffizienten der einzelnen Gemischbestandteile abhängt. Der von der Selenzelle absorbierte Betrag ist daher:

$$S_{2A} = a \cdot S \cdot (1 - p),$$

worin a eine Funktion des resp. der Absorptionskoeffizienten ist. Von dem der selektiven Absorption unterliegenden Strahlenanteil S_1 wird ebenfalls ein bestimmter Bruchteil in der Selenzelle festgehalten werden, so daß man den absorbierten Teil der S_1-Strahlung bezeichnen kann:

$$S_{1A} = b \cdot p \cdot S,$$

worin b eine Funktion des selektiven Absorptionskoeffizienten ist, d. h. es wird b stets wesentlich größer als a sein, so daß das Verhältnis $\frac{b}{a}$ eine positive ganze Zahl darstellen wird. Wenn wir nun die Wirkung der selektiven Absorption im Verhältnis zu derjenigen Wirkung, welche die normale Absorption auf die Selenzelle ausübt, ermitteln wollen, so müssen wir einen bestimmten funktionellen Zusammenhang zwischen eben dieser Wirkung und den absorbierten Strahlenmengen einsetzen. Man wird z. B. sagen können, daß die in der Zelle hervorgerufenen Wirkungen proportional den absorbierten Strahlenmengen sind. Es ist dies die heute wohl am meisten vertretene Ansicht, wenn sie auch nicht die einzige in Betracht kommende darstellt. Es ist dies eine Frage, deren Beantwortung nötig sein wird, wenn es sich beispielsweise um die Entscheidung darüber handelt, ob das Intensimeter auffallende Strahlenmenge oder aber Dosis mißt. Nehmen wir für unsere vorliegenden Betrachtungen einmal an, daß die Wirkungen

könnte man sehen, daß er nicht immer gleich weit zurückgeht, das heißt eben, daß der Dunkelleitwert sich ändert", zwischen den Zeilen enthaltene Vorwurf, die Angaben des Intensimeters seien abhängig von dem jeweils bestehenden Leitfähigkeitswert der Zelle, also abhängig von den vorangegangenen Belichtungen, unzutreffend.

IV. Selektive Absorption.

Nach den Messungen von Barkla und Sadler besitzt das Selen einen Bezirk selektiver Absorption in der Nähe derjenigen Strahlenwellenlänge, welcher eine Halbwertschicht von 1,3 mm in Wasser entspricht. Für diejenige Wellenlänge mithin, welche der genannten Halbwertschicht entspricht, wird das mit wachsendem Härtegrad abnehmende Absorptionsvermögen des Selens durch einen starken Anstieg unterbrochen, und jene Strahlung wird in einem Betrage vom Selen absorbiert, welcher ein bestimmtes Vielfaches von demjenigen beträgt, welcher den benachbart und weiter entfernt liegenden Härtegraden zukommt. Physikalisch ist mit der Konstatierung des Vorhandenseins dieser selektiven Absorption und der Wellenlänge, bei welcher sie stattfindet, alles erschöpft. Mit Bezug auf die praktische Verwendung des Selens in der Dosierungsmethodik (Intensimeter) taucht jedoch die berechtigte Frage auf, ob diese selektive Absorption in der Lage ist, die unter Benutzung des Selens angestellten Dosierungsmessungen in ihren Resultaten merklich zu beeinflussen. Es ist dies eine Frage, welche über den Rahmen der rein physikalischen Untersuchung über die Eigenschaften des Selens Röntgenstrahlen gegenüber, wie sie in vorliegender Arbeit behandelt werden sollte, hinausgeht, und die vielleicht richtiger im Zusammenhang mit der ebenfalls praktisch interessierenden Frage, ob das Selen Dosis oder Intensität mißt, behandelt würde. Diese Fragen, welche, über die physikalischen Grundlagen der Selenwirkung hinausgehend, die rein praktische Seite der Selenverwendung berühren, werden in einer besonderen experimentellen Arbeit demnächst behandelt werden. Die Frage des eventuellen Einflusses der selektiven Absorption möchte ich jedoch schon hier kurz erörtern, da in neueren Veröffentlichungen von derjenigen Seite, von welcher die Ionisationsmethoden propagiert werden, dem Selen, da man nichts anderes mehr weiß, nunmehr der Vorwurf gemacht wird, es bestände bei ihm „der Verdacht auf selektive Absorption". Einen experimentellen Beweis, daß die selektive Absorption bei der Benutzung des Selens zu Dosierungszwecken in irgendwie merklicher Form in Erscheinung tritt, ist man dabei bis heute schuldig geblieben, und zwar einfach deshalb, weil dieser Beweis nicht zu führen ist, während das Gegenteil leicht gezeigt werden kann.

Dies ist nun in einem gewissen Umfange bereits geschehen, indem Holzknecht und Weissenberg in ihrer Arbeit: „Zur speziellen technischen Strahlenmessung" durch entsprechende Überlegungen gezeigt haben, daß schon „das dünnste praktisch in Betracht kommende Filter die der Genauigkeit der Selenzelle gefährliche Strahlung vollständig absorbiert. Resümieren wir das Bisherige, so ist zu sagen: Die Selenzelle arbeitet in diesem die sogenannte selektive Absorption betreffenden Punkte fehlerfrei". Immerhin sagen Holzknecht und Weissenberg vorher, daß „bei weicher Röhre und ohne weitere Filterung, also bei einer Verwendung des Röntgenlichtes, z. B. zu photographischen Zwecken, theoretisch ein Fehler bei Verwendung der Selenzelle entstehen muß". Dazu bemerken sie jedoch in einer Fußnote zutreffend, daß „bei dem geringen Maß von Genauigkeit, welches die photographische Aufnahme erfordert, weil dort der Entwickelungsprozeß korrigierend eingreift, der Fehler nichts bedeuten wird". Mit Rücksicht hierauf und ferner in Ansehung der Tatsache, daß die Verwendung der Selenzelle zunächst hauptsächlich für die Therapie und nicht für die photographische Technik interessiert, kommen Holzknecht und Weissenberg daher durchaus zutreffend zu dem oben zitierten generellen Ergebnis, daß die Selenzelle in bezug auf selektive Absorption fehlerfrei arbeitet.

Wenn demgegenüber Christen und Voltz beide immer wieder ihren „Verdacht" auf selektive Absorptionswirkung aussprechen zu müssen glauben, so kann man darüber hinweggehen, so lange, als sie diesen Verdacht nicht zu beweisen vermögen. Da aber selbst unbewiesene Behauptungen, wenn sie häufig und eindringlich genug wiederholt werden, leicht Gefahr laufen, schließlich als bewiesene Tatsachen legitimiert zu werden, so erscheint es mir nützlich, die von Holzknecht und Weißenberg angestellten Überlegungen nach der quantitativen Seite hin zu vertiefen, da sich hierbei noch viel deutlicher als bei der von den genannten Autoren gewählten Betrachtungsweise ergibt, daß die selektive Absorption des Selens nicht die geringste praktisch merkbare Einwirkung auf die Messungsresultate bei der Dosierung, und zwar weder bei weichen noch bei harten Strahlen, haben kann. Betrachtet man nämlich die Gesamtmenge der von der Röhre ausgesandten Strahlung S, so unterscheidet man in dieser zwei Anteile, nämlich den Teil S_1, welcher vom Selen selektiv absorbiert wird, und den übrigbleibenden Teil S_2, welcher nicht der selektiven Absorption unterliegt. Es gilt dann:

$$S_1 + S_2 = S.$$

Der der selektiven Absorption unterliegende Teil S_1 wird stets einen gewissen Bruchteil der Gesamtstrahlung ausmachen, und zwar wird der Betrag dieses Bruchteils vom Härtegrad der Strahlung abhängig sein. Die Art der Abhängigkeit besitzt eine nicht näher bestimmbare Form, da sie wesentlich bestimmt ist durch die prozentuale Zusammensetzung des von der Röhre emittierten Strahlengemisches und dieses wieder von den instrumentellen Verhältnissen, der Stromkurve usw. abhängt. Wir können also setzen:

$$S_1 = p \cdot S,$$

worin p einen echten Bruch darstellt, dessen Betrag von den vorstehend genannten Umständen abhängt. Der Betrag der übrigbleibenden Strahlung ergibt sich dann einfach zu:

$$S_2 = S \cdot (1 - p).$$

In der Selenzelle wird nun von dem Anteil S_2 ein Betrag zur Absorption gelangen, welcher bei bestimmter Selenschichtdicke nur vom Absorptionskoeffizienten der Strahlung S_2, resp. von dem Absorptionskoeffizienten der einzelnen Gemischbestandteile abhängt. Der von der Selenzelle absorbierte Betrag ist daher:

$$S_{2A} = a \cdot S \cdot (1 - p),$$

worin a eine Funktion des resp. der Absorptionskoeffizienten ist. Von dem der selektiven Absorption unterliegenden Strahlenanteil S_1 wird ebenfalls ein bestimmter Bruchteil in der Selenzelle festgehalten werden, so daß man den absorbierten Teil der S_1-Strahlung bezeichnen kann:

$$S_{1A} = b \cdot p \cdot S,$$

worin b eine Funktion des selektiven Absorptionskoeffizienten ist, d. h. es wird b stets wesentlich größer als a sein, so daß das Verhältnis $\frac{b}{a}$ eine positive ganze Zahl darstellen wird. Wenn wir nun die Wirkung der selektiven Absorption im Verhältnis zu derjenigen Wirkung, welche die normale Absorption auf die Selenzelle ausübt, ermitteln wollen, so müssen wir einen bestimmten funktionellen Zusammenhang zwischen eben dieser Wirkung und den absorbierten Strahlenmengen einsetzen. Man wird z. B. sagen können, daß die in der Zelle hervorgerufenen Wirkungen proportional den absorbierten Strahlenmengen sind. Es ist dies die heute wohl am meisten vertretene Ansicht, wenn sie auch nicht die einzige in Betracht kommende darstellt. Es ist dies eine Frage, deren Beantwortung nötig sein wird, wenn es sich beispielsweise um die Entscheidung darüber handelt, ob das Intensimeter auffallende Strahlenmenge oder aber Dosis mißt. Nehmen wir für unsere vorliegenden Betrachtungen einmal an, daß die Wirkungen

proportional der absorbierten Strahlenmenge sind, so erhalten wir für die Wirkung der selektiven Absorption den Betrag:

$$W_1 = k \cdot b \cdot p \cdot S,$$

und für die Wirkung des restlichen Teils der Strahlung den Betrag:

$$W_2 = k \cdot a \cdot S \cdot (1 - p).$$

In beiden Gleichungen ist k der gleiche Proportionalitätsfaktor, welcher den Zusammenhang zwischen absorbierter Strahlenmenge und Wirkung innerhalb des Selens wiedergibt. Es interessiert uns nun, das Verhältnis der Wirkung der selektiv absorbierten Strahlung zu der Wirkung der übrigen Strahlung, d. h. das Verhältnis $\frac{W_1}{W_2}$. Nimmt diese Größe einen über die sonstigen in der allgemeinen Dosierungsmethodik liegenden Fehlergrenzen hinauswachsenden Betrag an, so übt die selektive Absorption einen Fehlereinfluß aus, im anderen Falle nicht. Es ist nun:

$$\frac{W_1}{W_2} = \frac{b}{a} \cdot \frac{p}{1 - p}.$$

Es ist also die Wirkung der selektiven Absorption abhängig von den drei Größen a, b und p. Diese Größen sind jedoch untereinander nicht ganz unabhängig voneinander, denn wie bereits oben gesagt wurde, ist die Größe p abhängig von a, und zwar im allgemeinen in dem Sinne, daß p um so kleiner werden wird, je kleiner a ist. Die Größe b wird man wahrscheinlich, da eine bestimmte Selenschichtdicke vorausgesetzt war, als Konstante betrachten dürfen, weil ja die selektiv absorbierte Strahlung einen unveränderlichen charakteristischen Absorptionskoeffizienten besitzt, und b als Funktion dieses unveränderlichen Absorptionskoeffizienten ebenfalls keiner Veränderung unterliegen wird. Die Abhängigkeit der Wirkung der selektiven Absorption beschränkt sich mithin auf die Abhängigkeit von p und a. Betrachtet man eine harte Strahlung, so wird der Wert von p um so kleiner werden, je härter die Strahlung ist; gleichzeitig verringert sich der Wert von a. Die Halbwertschicht der selektiv absorbierten Strahlung ist so außerordentlich gering, nämlich nur 0,13 mm Aluminium, daß man annehmen kann, daß in einer harten Strahlung überhaupt nichts von solcher vorhanden ist. Sobald man, wie in der Tiefentherapie, nur das geringste Filter einschaltet, wird ein etwa doch noch vorhandener Anteil solcher Strahlung, wie dies Holzknecht und Weissenberg zutreffend hervorgehoben haben, zum Verschwinden gebracht, so daß in der Selenzelle überhaupt keine Wirkung hervorgerufen werden kann. Nimmt man aber selbst an, daß ein Filter nicht angewendet wird, so bleibt der Wert von p so außerordentlich klein, daß in unserer Gleichung die Größen p und a nicht von maßgebendem Einfluß auf den Wert $\frac{W1}{W2}$ sind, da dieser nur eine außerordentlich kleine Größe besitzt, d. h. bei harter Strahlung übt die selektive Absorption keinerlei merkliche Wirkung auf den Seleneffekt aus. Bei weichen und sehr weichen Strahlen (Hauttherapie, Photographie) wird der Anteil an selektiv absorbierter Strahlung größer sein, der Wert von p in unserer Gleichung wird mithin wachsen. Gleichzeitig wächst jedoch — und das ist eine sehr wichtige Tatsache — auch der Wert für a beträchtlich an, so daß also gleichzeitig Zähler und Nenner des Bruches anwachsen, dieser selbst seinen Wert mithin gar nicht oder nur wenig ändert. Das besagt mithin, daß **auch bei weichen Strahlen** die selektive Absorption keinen merklichen Einfluß auf den Seleneffekt ausübt, ein Ergebnis, das im ersten Augenblick widerspruchsvoll erscheint. Bei näherem Zusehen klärt sich der Widerspruch jedoch leicht auf: Wenn man nämlich selbst den ungünstigsten Fall für den Wert von b annimmt, d. h. $b = 1$ setzt und damit zum Ausdruck bringt, daß die selektiv absorbierbare Strahlung in ihrer Gesamtheit absorbiert wird, so muß ihr Einfluß auf den Gesamteffekt zwar um so größer werden, je größer der Anteil der Gesamtstrahlung an solchen selektiv absorbierbaren Strahlen, d. h. je weicher die Strahlung ist; andererseits muß jedoch ihr Einfluß um so geringer ausfallen, je

größer diejenige Strahlenmenge ist, welche infolge normaler Absorption vom Selen verschluckt wird, weil die selektive Wirkung um so stärker hinter der Wirkung der normalen Absorption zurückbleibt, je größer die normal absorbierte Menge gegenüber der selektiv absorbierten Menge ist, ein Verhältnis, das bei abnehmender Strahlenhärte zugunsten der normal absorbierten Strahlenmenge stark anwächst. Also selbst bei weichen unfiltrierten Strahlen tritt die Wirkung der selektiven Absorption gegenüber derjenigen der normalen Absorption im Selen so stark zurück, daß die Meßresultate durch die selektive Absorption nicht merklich beeinflußt werden.

Nachdem es, wie oben gezeigt wurde, gelang, durch Ausschaltung aller in Betracht kommenden Fehlerquellen die Schwankungen und Unregelmäßigkeiten im Verhalten des Selens auszumerzen und dadurch die reinen elementaren Eigenschaften des Selens für sich zu isolieren,

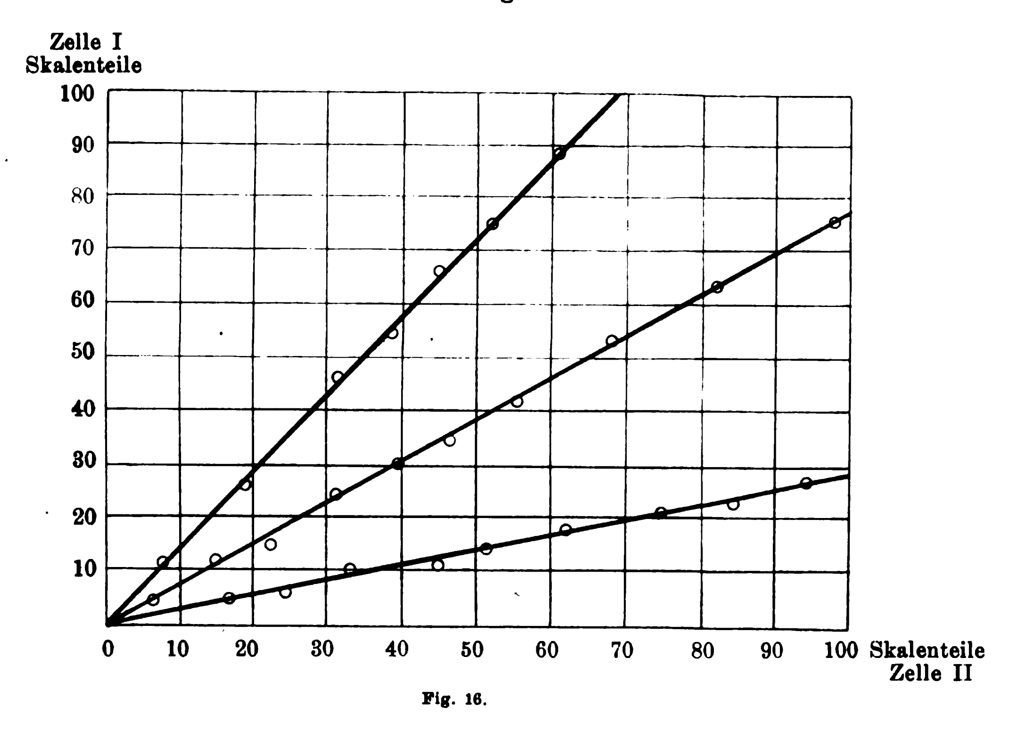


Fig. 16.

mußte das so gewonnene Selen naturgemäß für Röntgenlichtmessungen brauchbar sein. Die nunmehr vorliegenden mehrjährigen Erfahrungen am Intensimeter haben dies in vollem Umfange bestätigt. Über die Verwendung entsprechend hergestellter Selenzellen für Messungen an sichtbarem und ultraviolettem Licht wird besonders berichtet werden. Es ist auch nicht weiter verwunderlich, daß die einzelnen Selenzellen, welche unter Beachtung aller oben aufgeführten Punkte hergestellt werden, unter sich die äußerste Gleichförmigkeit und Gesetzmäßigkeit in ihrem Verhalten aufweisen. Es seien beispielsweise in Fig. 16 drei beliebige Selenzellen herausgegriffen und die gegenseitige Abhängigkeit ihres Widerstandes bei verschiedenen Belichtungsstärken wiedergegeben. Wie man sieht, liegen die an jeder einzelnen Zelle gewonnenen Meßpunkte unter sich genau auf geraden Linien, woraus am schlagendsten die weitgehendste Gesetzmäßigkeit ihres gegenseitigen Verhaltens wiedergegeben wird.

Zusammenfassung.

Die an Selenzellen beobachteten Erscheinungen der Inkonstanz des Dunkelwiderstandes, der Empfindlichkeit, bestimmte Erscheinungen der Belichtungs- und Verdunkelungsträgheit, der Ermüdung, Verschiedenheit des Widerstandswertes in beiden Stromrichtungen, Polarisation usw. sind anomale Erscheinungen.

Diese anomalen Erscheinungen können durch geeignete Maßnahmen bei der Herstellung von Selenzellen beseitigt werden; dementsprechend hergestellte normale Zellen zeigen die genannten Erscheinungen nicht.

Normale Zellen der genannten Art sind für genaue Röntgenlichtmessungen sowie für die praktische Dosierung brauchbar.

Die selektive Absorption des Selens übt weder bei weichen noch bei harten Strahlen einen merklichen Einfluß auf die Messungsresultate aus.

Literatur.

1. Chr. Ries: Die elektrischen Eigenschaften und die Bedeutung des Selens für die Elektrotechnik. Berlin-Nikolassee 1913.
2. Perreau: Compt. rend. 129, 1899, pag. 956.
3. Himstedt: Ann. d. Physik 4, 1901, S. 531. Über einige Versuche mit Becquerel- und Röntgenstrahlen.
4. F. C. Brown und J. Stebbins: Phys. Rev. 26, 1908, S. 273.
5. Athanasiadis: Wirkung der Röntgenstrahlen auf den elektrischen Widerstand des Selens. Ann. d. Phys. 27, 1908, S. 890.
6. C. G. Barkla und C. A. Sadler: Phil. Mag. 17, 739—758, 1909.
7. L. S. Mc. Dowell: Phys. Rev. 30, 1910, S. 474.
8. Holzknecht und Weissenberg: Zur speziellen technischen Strahlenmessung, Kritisches und Vorschläge. Arbeiten und Verhandlungen der Sonderkommission für Dosimetervergleich der Deutschen Röntgengesellschaft. Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstrahlen XXIII, Heft 3.
9. R. Grann: Prinzipielles über die Selenzelle als Mittel zur Messung der Röntgenstrahlen. Arbeiten und Verhandlungen der Sonderkommission für Dosimetervergleich. Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstrahlen XXIII, Heft 3.
10. Robert Mayer: Zur praktischen Anwendung der Selenzelle unter Vermeidung ihrer Fehler. Arbeiten und Verhandlungen der Sonderkommission für Dosimetervergleich. Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstrahlen XXIII, Heft 3.
11. Immelmann: Das Fürstenausche Intensimeter. Röntgentaschenbuch VI, 1914.
12. Immelmann und Schütze: Absorptionsmessungen mit dem Fürstenauschen Intensimeter. Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstrahlen XXII, Heft 5.
13. Fritz M. Meyer: Praktische Erfahrungen mit dem Fürstenauschen Intensimeter. Deutsche Medizinische Wochenschrift 44, 1915, S. 1312.
14. F. Voltz: Über die Verwendbarkeit des Selens zu Röntgenstrahlenenergiemessungen. Physik. Zeitschrift 1915, Nr. 11.
15. R. Fürstenau: Uber die Verwendbarkeit des Selens zu Röntgenstrahlenenergiemessungen. Bemerkungen zu der gleichnamigen Arbeit von F. Voltz. Physik. Zeitschrift 16, 1915, Nr. 12.
16. F. Voltz: Zur Frage der Strahlenmessung mittels Selenzellen. Physik. Zeitschr. 1915, Heft 16.
17. H. Greinacher: Licht und Elektrizität im Selen. Verhandlungen der Deutschen Physikal. Gesellschaft 18, 117—134, 1916.
18. R. Fürstenau: Über den elektrischen Widerstand des Selens. Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft 18, 184—186, 1916.

Berlin, im Juni 1916.

V.

Über die Härteanalyse der Röntgenstrahlen und die Wirkung verschiedener Filter.

Von

Dr. **Fritz Goos** in Hamburg.

Die folgende Arbeit ist eine Zusammenstellung und Deutung von Messungen, die ich in dem Reservelazarett VII, Altona, Abt. Hamburg-Finkenaue, Institut für Geburtshilfe, angestellt habe, um über die Wirkungsweise der dort benutzten Apparate und Röntgenröhren für Therapiezwecke klar zu werden. Sie verwertet die bisherigen Resultate der „Sonderkommission für Dosimetervergleich der Deutschen Röntgengesellschaft" und trachtet sie weiter auszubauen. Im folgenden können daher die dort bereits erörterten physikalischen Begriffe als bekannt vorausgesetzt werden.

1. Benutzte Apparate und Technisches zur Verwendung des Fürstenau'schen Selenintensimeters.

Sämtliche Messungen wurden mit einem Apex-Apparat von Reiniger, Gebbert & Schall mit Gasquecksilberunterbrecher gemacht. Der Induktor gibt eine größte Funkenlänge von 30 cm. Die Stromstärke im Primärstromkreis betrug 5 Amp., im Sekundärstromkreis 3 Milli-Amp. Das Schließungslicht wurde durch eine Ventilfunkenstrecke von 65 mm Länge abgedrosselt. Es wurde ein Müllersches Siederohr für Therapie mit Metallgefäß benutzt, in das heißes Wasser gefüllt wurde, und das, nachdem es sich kurze Zeit lang eingelaufen hatte, mindestens $^3/_4$ Stunden lang völlig konstant blieb. Die Osmoregulierung brauchte kaum betätigt zu werden; bei gleichem Widerstand im Primärstromkreis blieb die sekundäre Stromstärke und die Härte der Röhre, wie die Messungen selbst erkennen lassen, dauernd im hohen Grade konstant. Die Leistung der Röhre, gemessen mit Sabouraud-Holzknecht-Pastillen, betrug in 21 cm Fokusabstand und in 10 Minuten etwa 7 Holzknecht.

Sämtliche Messungen wurden mit einem Fürstenau'schen Selenintensimeter gemacht. Es stand mir nur eine ältere Zelle zur Verfügung, die bei weitem nicht die günstigen Eigenschaften zeigte, wie die von Robert Mayer in diesen Arbeiten Bd. XXIII, pag. 285, beschriebene. Der Zeiger des Meßinstruments nimmt nach 8—12 Sekunden seine höchste Stellung ein, und die dann einsetzende Ermüdung ist ganz beträchtlich, wie folgende Beobachtung zeigt.

Stand des Zeigers nach	Fürstenau
8 Sek.	94
20 „	87
30 „	82
40 „	77
50 „	74
60 „	72
90 „	63
120 „	57
150 „	52
180 „	49
210 „	46

Nach gut 3 Minuten ist also der Wert schon auf die Hälfte gesunken.

Zu anderen Zeiten ergaben sich andere Werte und es war nicht möglich, durch eine Formel, wie Mayer angibt, die Ermüdung der Zelle rechnerisch zu verfolgen. Auch war die Anfangsempfindlichkeit der noch nicht ermüdeten Zelle nicht konstant, so daß es einige Bedenken hat, das Instrument zu Dosierungszwecken zu benutzen. Dagegen ist es für relative Messungen, unter den nötigen Vorsichtsmaßregeln, ein Instrument, wie es bequemer kaum gedacht werden kann.[1])

Diese Vorsichtsmaßregeln bestehen nun darin, daß man die Zelle vor der eigentlichen Benutzung künstlich durch Bestrahlung ermüdet, bis der Zeigerausschlag etwa 60—70 % des Anfangswertes zeigt; die weitere Ermüdung geht dann sehr langsam vor sich und fast proportional der Zeit, so daß sie, durch Anordnung der Messungen symmetrisch zur Zeit fast vollkommen unschädlich gemacht werden kann. Das ist so zu verstehen, daß, will man beispielsweise die Absorption in 3 mm, 6 mm, 9 mm Aluminium ermitteln, man folgende Ausschläge des Instruments nacheinander, unter Einhaltung gleichlanger (etwa 10—20 Sekunden) Zwischenpausen beobachtet: 1.) ohne Filter, 2.) mit 3 mm Filter, 3.) mit 6 mm Filter, 4.) mit 9 mm Filter, 5.) wieder mit 9 mm Filter, 6.) mit 6 mm Filter, 7.) mit 3 mm Filter, 8.) ohne Filter. Das Mittel aus den betreffenden Messungen gibt dann den richtigen Wert, frei von Ermüdung. Die Messungen, an verschiedenen Tagen, mit verschiedenem Fokusabstand wiederholt, zeigen einen so hohen Grad der inneren Übereinstimmung, das man großes Zutrauen zu ihnen erhält. Ferner zeigen sie, daß das Strahlengemisch, das die Röhre aussendet, während der ganzen Zeit, — die Messungen erstrecken sich auf etwa 8 Wochen und die Röhre ist während dieser Zeit außer zu den Versuchen für viele Bestrahlungen benutzt worden, — nahezu konstant geblieben ist.

Bei den ersten Messungen zeigte sich sofort, daß die Skala des Intensimeters Teilungsfehler besaß, die bei dem Gebrauch als Dosimeter, wofür es ja eigentlich bestimmt ist, nicht ins Gewicht fallen, bei feineren relativen Messungen aber diese doch beträchtlich entstellen. Ich habe daher zunächst diese Fehler durch geeignet angestellte Versuche ermittelt, in eine Tabelle zusammengestellt und stets an die Messungen angebracht. Die Korrektionen bewegen sich zwischen + 1,5 und — 0,6 Einheiten der 100teiligen Skala.

2. Die Messungen mit der Selenzelle und ihre Auswertung.

Es wurden mit der Selenzelle die Absorption der Röntgenstrahlen in Wasser, Aluminium, Kupfer und Zink untersucht, sowohl zur Ermittelung der Absorptionskoeffizienten (oder Halbwertschichten) als auch zur Entscheidung der Frage, welches von den 3 Metallen Al, Cu oder Zn sich am besten als Filter für Tiefentherapie eignet. Es wurden mehrere Messungsreihen gemacht mit Abständen des Röhrenfokus von der Selenzelle zwischen 17 cm und 34 cm. Die weiter unten mitgeteilten Zahlen sind bereits Mittelwerte. Die Filter wurden soweit wie möglich von der Selenzelle entfernt, um die Wirkung der Sekundärstrahlung möglichst abzuschwächen; ganz vermeiden läßt sich diese ja nicht, man müßte denn die Selenzelle in sehr großer Entfernung von Rohr und Filter aufstellen, wofür aber ihre Empfindlichkeit nicht ausreicht. Einige Versuche zeigten aber, daß die Sekundärstrahlung, besonders bei den in dünnen Schichten angewandten Filter von Kupfer und Zink keinen großen Einfluß haben kann, außerdem muß man ja auch in Rechnung ziehen, das beim Bestrahlen des menschlichen Körpers ebenfalls die vereinte Wirkung von ursprünglicher und Sekundärstrahlung zur Geltung kommt.

Für die verschiedenen Filterdicken war die Angabe des Intensimeters, und zwar umgerechnet in Prozenten des Wertes „ohne Filter“ wie folgt:

---

[1]) Neuerdings arbeite ich mit einem neuen von Herrn Fürstenau dem Physikal. Staatslaboratorium zur Verfügung gestellten Intensimeter, das sich auch für Dosierungszwecke gut zu bewähren scheint.

I. Destilliertes Wasser als Filter

Filter	Intensimeterangaben
0 cm H_2O	100 %
1 „ „	78 „
2 „ „	63 „
5 „ „	35,5 „
8 „ „	21,0 „
10 „ „	15,6 „

II. Aluminium.

Filter	Intensimeterangaben
0 mm Al	100 %
1,1 „ „	80 „
2,6 „ „	64 „
3,0 „ „	61 „
6,0 „ „	45 „
6,9 „ „	40,5 „
9,5 „ „	32,0 „
11,7 „ „	28,0 „
15,0 „ „	23,4 „
27,0 „ „	11,6 „

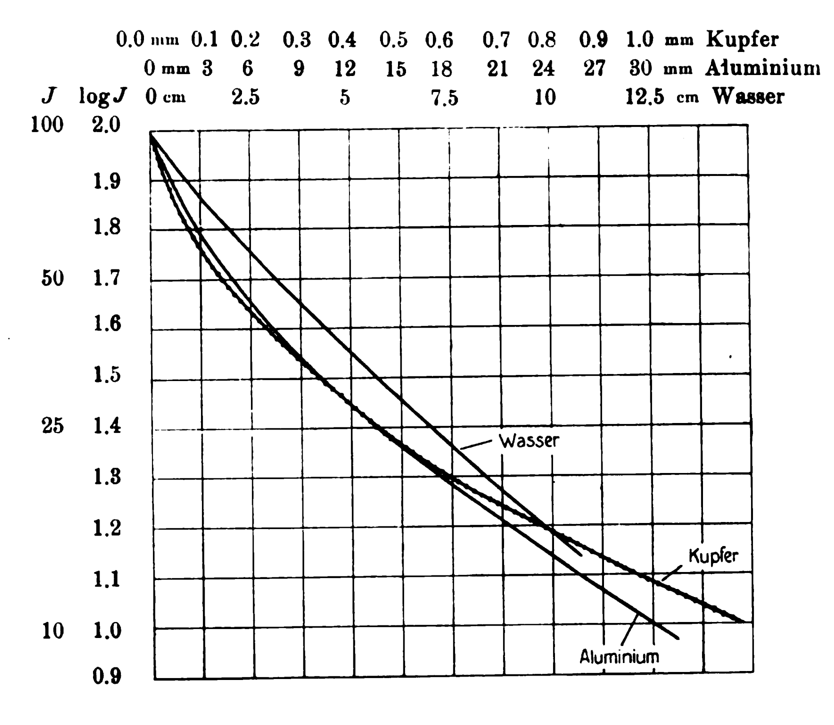
III. Kupfer

Filter	Intensimeterangaben
0 mm Cu	100 %
0,048 „ „	73 „
0,068 „ „	66 „
0,192 „ „	44 „
0,418 „ „	26,5 „
0,96 „ „	12,6 „

IV. Zink

Filter	Intensimeterangaben
0 mm Zn	100 %
0,21 „ „	43,2 „
0,42 „ „	27,9 „
0,84 „ „	15,6 „
1,26 „ „	10,4 „

Die Messungen für Wasser, Aluminium und Kupfer sind in folgender Figur graphisch dargestellt:



Die Zinkkurve konnte fortgelassen werden, da sie vollständig identisch mit der des Kupfers ist, wenn man für die Kupferdicken die 1,08fachen Dicken des Zinkfilters setzt. Kupfer absorbiert also nach meinen Messungen der Röntgenstrahlen, und zwar alle verschiedenen Härtegrade bei gleicher Schichtdicke 1,08mal so stark als Zink, im Gegensatz zu den Angaben von Wintz und Baumeister (Fortschritte auf d. G. d. R., XXIV, pag. 257, 1916), die eine bedeutende Überlegenheit des Zink gegenüber dem Kupfer finden.

Auf der Abszissenachse sind die Filterdicken aufgetragen, und zwar für die 3 Filter in verschiedenem Maßstab, um die Kurven besser miteinander vergleichbar zu machen. Für Wasser bedeutet 1 Einheit (1 cm) des Koordinatenpapiers 1,25 cm Wasser, für Aluminium 1 Einheit 3 mm Al, für Kupfer 1 Einheit 0,1 mm Cu. Auf der Ordinatenachse sind die Logarithmen der Intensimeterangaben aufgetragen (log 100 = 2,0; log 50 = 1,7; log 10 = 1,0), und zwar die Logarithmen, weil dann, falls die Strahlung homogen ist, also nur aus einer einzigen Strahlung von bestimmter Härte besteht, die Kurve zu einer geraden Linie wird. (Siehe hierzu die Arbeiten von Weißenberg in den „Fortschritten auf dem Gebiet der Röntgenstrahlen", Bd. XXIII, pag. 229, 1915.) Übrigens möchte ich hier bemerken, daß die Kurve nicht nur im

Falle homogener Strahlung zu einer geraden Linie wird, sondern auch dann, wenn durch das Filter die Zusammensetzung der Strahlengemische nicht verändert wird. Wenn nun auch vermutlich in der Natur ein solcher Filter nicht existiert, so kann uns ein solches doch leicht vorgetäuscht werden. Filtert man nämlich eine an und für sich schon harte Strahlung durch beispielsweise 4 mm Aluminium und ermittelt dann die Absorptionskurve in Wasser, bis zu etwa 10 cm Wasserschicht, so sieht die Kurve schon fast wie eine grade Linie aus, trotzdem man zeigen kann, daß die Strahlung dann bei weitem noch nicht homogen ist. Diese Tatsache ist, wie ich glaube, oft die Ursache gewesen, daß man annahm, eine Filterung mit stärkeren Filtern als 4 mm Aluminium hätte keinen Zweck.

Analysiert man nun die von der oben genannten Röntgenröhre ausgesandte Strahlung auf graphischem Wege, wie in der Arbeit von Weißenberg angegeben ist, so kommt man zu dem Resultat, daß das Strahlengemisch aus 3 verschiedenartigen Strahlungen besteht, aus mäßig weichen, harten und äußerst harten. Wenn ich nun auch nicht glaube, daß die Strahlung wirklich nur aus 3 Teilen besteht, so kann man doch damit rechnen, als wenn es der Fall wäre, denn die Beobachtungen werden ja tatsächlich durch eine solche Annahme befriedigt, allerdings mit der Einschränkung, daß man den Verlauf der Kurve nur bis zu einer gewissen Filterdicke berücksichtigt. Die Frage, wie man die Tangente an dem asymptotisch verlaufenden Kurvenzug ziehen soll, bringt ein Gefühl der Unsicherheit in das Verfahren. Betrachtet man die Absorptionskurve für Kupfer, — es ist das die am stärksten gekrümmte, — so scheint sie jenseits von 0,8 mm Kupferdicke schon fast gradlinig zu verlaufen. Ich habe daher die Tangente so gezogen, daß die Kurve bei 1,0 mm Filterdicke berührt und so gefunden, daß die härteste im Strahlengemisch enthaltene Strahlung eine Halbwertschicht von 0,685 mm in Kupfer hat, verhehle mir aber dabei nicht, daß noch härtere Strahlungen möglich und sogar wahrscheinlich sind; aber die Empfindlichkeit der Selenzelle reicht nicht aus, die Beobachtungen auf wesentlich stärkere Filterdicken als 1 mm Kupfer auszudehnen.

Außer dieser sehr harten Strahlung ergibt sich eine mäßig harte von 0,135 mm und eine weiche von 0,038 mm Halbwertschicht in Kupfer und das Intensitätsverhältnis der 3 Strahlungen, wie es die Selenzelle anzeigt (ich komme hierauf noch weiter unten zu sprechen), ist 33:40:27, wo die Summe $33 + 40 + 27 = 100$ gleich der Anfangsintensität der Gesamtstrahlung gesetzt ist.

Analysiert man in gleicher Weise die Absorptionskurven für Aluminium und Wasser, so tritt hier viel deutlicher, und zwar am stärksten für Wasser, die Unsicherheit der Wahl der ersten Tangente hervor. Aluminium und besonders Wasser haben nämlich nicht in so hohem Grade wie Kupfer die „strahlenaussondernde“ Eigenschaft der weichen Strahlen, man müßte also bis zu relativ viel größeren Dicken den Verlauf der Absorptionskurve festlegen, um in entsprechender Weise wie beim Kupfer die Strahlung analysieren zu können, was aber wieder, wie oben schon erwähnt, auf praktische Schwierigkeiten stößt. Ich glaube aber auf Grund folgender Überlegung den richtigen Weg gegangen zu sein: Ich nehme vorläufig an, daß meine Röntgenröhre wirklich nur 3 Strahlungen aussendet, deren Intensitätsverhältnis 33 : 40 : 27 ist, es muß dann dieses Verhältnis bei Absorptionsmessungen an sämtlichen Körpern zutage treten und nur die Halbwertschichten (Absorptionskoeffizienten) werden je nach den Eigenschaften der Körper verschieden sein. Ich muß also auch bei den Kurven für Aluminium und Wasser die Tangenten so legen, daß die Anfangsintensitäten der 3 Teilstrahlungen 33, 40 und 27 werden, was auch, ohne den Kurven Zwang antun zu müssen, möglich ist.

Die Halbwertschichten ergeben sich dann wie folgt:

	Harte Strahlung	Mittelharte Strahlung	Weiche Strahlung
Halbwertschicht	16,0 mm	5,2 mm	1,2 mm in Aluminium
„	60 „	33 „	14 „ in Wasser

und ich nehme also an, daß diese Strahlungen dieselben sind, die in Kupfer die Halbwertschichten 0,685 mm, 0,135 mm und 0,038 mm haben, was auch dadurch noch wahrscheinlicher gemacht wird, daß bei Filterung der ursprünglichen Strahlung durch 1 mm Kupfer, also bei Benutzung härtester, fast homogener Strahlung, die Halbwertschichten in Aluminium und Wasser sich zu 16 mm bzw. 60 mm ergeben. Aus den obigen Zahlen geht also hervor, daß für weiche Strahlen das Absorptionsvermögen von Aluminium und Wasser sich wie 12:1 verhält, für mittelharte wie 6,3:1, was schon Th. Christen gelegentlich erwähnt, und daß dies Verhältnis für sehr harte Strahlen sogar auf 3,7:1 sinkt.

3. Aluminium-, Zink- und Kupferfilter.

Aus den ermittelten Halbwertschichten (oder Absorptionskoeffizienten) läßt sich nun auch leicht ein Überblick über die Filterwirkung gewinnen, die schon aus den obigen Absorptionskurven wenigstens qualitativ zu entnehmen war.

Da die Neigung der Kurventangenten ein Maß für die Härte der jeweiligen Strahlung darstellt, so zeigt die Änderung der Neigung, oder was dasselbe ist, die Krümmung der Kurven an, in welchem Maß die Strahlung durch das Filter gehärtet wird. Je stärker also eine solche Kurve gekrümmt ist, um so besser eignet sich der betreffende absorbierende Körper als Filtermaterial, je mehr hat er die Eigenschaft, gerade die weichen Strahlen zu absorbieren.

Die Kurve für Wasser ist ziemlich gradlinig, durch Wasserfilterung wird also die Strahlung nur wenig gehärtet, die Kupferkurve dagegen ist stark gekrümmt, noch stärker als die für Aluminium, so daß hiernach Kupfer als besonders guter Filter anzusprechen ist.

Qualitativ ergibt sich die Filterwirkung aus den Halbwertschichten der 3 ermittelten Strahlungen wie folgt, wobei ich dasjenige Filter das beste nennen will, das bei einer bestimmten Absorption der harten Strahlen, der mittelharten und besonders der weichen Strahlen am meisten absorbiert.

Filter	Absorption der		
	harten Strahlen	mittelharten Strahlen	weichen Strahlen
3,0 mm Al	12 %	33 %	81 %
0,125 „ Cu		47 „	89 „
0,135 „ Zn		47 „	89 „
12,0 mm Al	40 %	79 %	99,9 %
0,50 „ Cu		92 „	100 „
0,54 „ Zn		92 „	100 „
24,0 mm Al	64 %	95,6 %	100 %
1,00 „ Cu		99,4 „	100 „
1,08 „ Zn		99,4 „	100 „

3 mm Aluminium absorbiert also die harten Strahlen ebenso stark wie 0,125 mm Cu und 0,135 mm Zn, dagegen werden die mittelharten und die weichen Strahlen sowohl von Kupfer wie von Zink stärker absorbiert, so daß diese Metalle als Filter vorzuziehen sind. Die Absorption für Kupfer und Zink verläuft vollständig proportional, nur die Filterdicken unterscheiden sich um ein geringes.

Anders ausgedrückt kann man auch sagen:

Kupfer absorbiert die harten Strahlen 24 mal so stark als Aluminium,
„ „ „ mittelharten Strahlen 38 mal so stark als Aluminium,
„ „ „ weichen Strahlen 32 mal so stark als Aluminium,

woraus ebenfalls hervorgeht, das Kupfer (und auch Zink) besonders die mittelharten aber auch die weichen beträchtlich stärker absorbiert als Aluminium.

4. Dosiskurve und Intensitätskurve.

Wie bekannt, sind alle bis jetzt benutzten Apparate zur Messung von Röntgenstrahlen Dosimeter, d. h. sie messen den im Instrument zur Absorption gelangenden Teil der Strahlung (Dosis), also nicht die gesamte Intensität. Sie berücksichtigen also weiche Strahlen, die stark absorbiert werden, mehr als harte Strahlen, die verhältnismäßig glatt durch das Instrument hindurchgehen. Schreibt man das Absorptionsgesetz in Form einer Differentialgleichung $-dJ = J.\alpha.dx$, so sieht man sofort, daß die durch die unendlich dünne Schicht dx absorbierte unendlich geringe Intensität dJ der Anfangsintensität J dem Absorptionskoeffizienten α proportional ist, daß also z. B. weiche Strahlen mit dem Absorptionskoeffizienten 10, 10 mal so stark absorbiert werden, also auch als in 10 mal so großer Intensität vorhanden gemessen werden als harte Strahlen mit dem Absorptionskoeffizienten 1. Je dicker nun die Schicht des Dosimeters ist, je mehr also auch die harten Strahlen absorbiert werden, um so weniger werden die weichen vor den harten bevorzugt werden, aber erst, wenn das Dosimeter unendlich dick ist, wenn also sowohl weiche wie auch härteste Strahlung vollkommen zur Absorption gelangen, wird das Dosimeter zu einem Intensimeter und mißt alle Strahlen mit gleichem Maß.

Kennt man nun die Dicken seines Dosimeters, also in diesem Falle der Selenzelle und seine Absorptionskoeffizienten für verschiedene Strahlensorten, so kann man das Maßverhältnis, in dem harte und weiche Strahlen gemessen werden, leicht berechnen. Aber auch dies, was technisch schwierig zu ermitteln wäre, ist nicht einmal nötig: Es genügt auch, wie die Absorptionsgleichung zeigt, in der α und x nur als Produkt, nicht getrennt vorkommen, zu ermitteln, welche Dicke irgendeines Körpers ebensoviel von einer Strahlung absorbiert wie das Selen der Zellen und dann die Berechnung für diesen betreffenden Körper durchzuführen, allerdings nur unter der Voraussetzung, daß sowohl der Körper wie auch das Selen keine selektiven Absorptionen aufzuweisen haben, daß also das Verhältnis ihres Absorptionskoeffizienten für Strahlen aller Härtegrade konstant ist. Als einen solchen Körper habe ich das Aluminium gewählt und habe neben dem Selen — aber noch auf die, dem Selen zur Unterlage dienende (isolierende) Masse — eine kleine „Aluminiumtreppe" gelegt und dann eine photographische Aufnahme dieser Versuchsanordnung mittels Röntgenstrahlen gemacht, und zwar einmal mit einer sehr weichen Röhre, dann mit einer sehr harten Röhre.

Es zeigte sich, daß das Selen der Zelle ziemlich verschieden dick aufgetragen war, und zwar war auf einer

Fläche von □ cm	die dem Selen äquivalente Dicke des Aluminiums	
	für die weichen Strahlen	für die harten Strahlen
4,0 □ cm	4,8 mm	4,8 mm
4,7 „ „	3,7 „	4,0 „
1,1 „ „	2,6 „	2,4 „
1,1 „ „	5,9 „	5,5 „
0,6 „ „	4,8 „	4,8 „
1,3 „ „	6,8 „	6,6 „
Summe 12,8 □ cm		

also für weiche und harte Strahlen praktisch gleich, so daß also auch hierdurch die Annahme einer für Al und Se proportionalen Absorption gestützt wird. Im Mittel aus weichen und harten Strahlen und im Mittel für die ganze 12,8 □ cm betragenden Fläche der Selenzelle ergibt sich die dem Selen äquivalente Dicke des Aluminiums zu 4,5 mm.

Kehren wir nun zu den 3 Strahlungen der benutzten Röntgenröhre zurück, die in Aluminium die Halbwertschichten 16,0 mm; 5,2 mm und 1,2 mm hatten, so läßt sich leicht berechnen, daß von diesen durch 4,5 mm Aluminium 17,5 %; 45,0 % und 82,3 % absorbiert werden, daß also die weichen Strahlen $\frac{82,3}{17,5} = 4,7$ mal, die mittelharten $\frac{45,0}{17,5} = 2,57$ mal zu stark

im Verhältnis zu den harten Strahlen gemessen werden, daß also das richtige Intensitätsverhältnis nicht 33 : 40 : 27, sondern $33 : \frac{40}{2,57} : \frac{27}{4,7} = 33 : 15,5 : 5,74$ oder so umgerechnet, daß die Summe wieder 100 ergibt,

61 : 29 : 10 ist.

Das Resultat der gesamten Strahlenanalyse wäre also, daß die aus der Röhre austretende Röntgenstrahlung aus 3 Strahlungen, harten, mittelharten und weichen besteht, deren Intensitäten sich wie 61 : 29 : 10 verhalten und die

in Kupfer	die Halbwertschichte	0,685 mm;	0,135 mm;	0,038 mm	haben.
„ Aluminium	„ „	16,0 „ ;	5,2 „ ;	1,2 „	
„ Wasser	„ „	60 „ ;	33 „ ;	14 „	

Hierbei ist aber noch ein Einwand zu machen. Es ist nichts darüber bekannt, ob alle Sorten von Strahlen die Eigenschaft haben, die Leitfähigkeit des Selens in gleicher Weise zu beeinflussen und ob also auch die weichen Strahlen von der Intensität 1, die in unserem Falle 4,7 mal so stark absorbiert werden als die harten, einen 4,7 mal so großen Zeigerausschlag am Intensimeter hervorrufen, als diese. Ich sehe auch keine Möglichkeit hierfür, den experimentellen Nachweis zu erbringen. Denn was heißt überhaupt gleiche Intensität. Es ist dies ebenso wie bei farbigem Licht. Ich kann nicht sagen, ein rotes Licht ist ebenso hell wie ein blaues, ich muß immer hinzufügen bezüglich ihrer Wirkung auf irgendeinen Körper, also z. B. auf das Auge eines bestimmten Menschen oder auf eine bestimmte photographische Plattensorte. So entsteht auch bei den Röntgenstrahlen die schwierige Frage, die für die Filterung im praktischen Betrieb eine große Rolle spielt, nämlich, welche Menge von weichen Strahlen ist in ihrer Wirkung, z. B. zerstörende Wirkung auf eine bestimmte Zellenart, gleichwertig irgendeiner Menge einer harten Strahlenart. Auch hierfür gibt es schwer eine Möglichkeit des experimentellen Nachweises, allein aus dem Grunde schon, weil man wohl mit harten Strahlen allein arbeiten kann, die man durch starke Filterung eines Strahlengemisches erhält, nicht aber mit weichen Strahlen, da es vermutlich kein Mittel gibt, diese aus einem Strahlengemisch auszusondern. Als wirklich sicher scheint nur festzustehen, daß weiche Strahlen in bedeutendem Maße hautzerstörende Eigenschaften haben (eben weil sie schon in der Haut stark absorbiert werden), und daß man daher im Interesse der Hautschonung mit möglichst harten, also stark gefilterten Strahlen arbeiten muß, besonders auch, da die zu bestrahlenden Zellen in vielen Fällen in großer Tiefe liegen, wohin nur harte Strahlen vorzudringen vermögen. Ob aber, falls die krankhaften Zellen oberflächlich liegen, oder operativ freigelegt sind, nicht doch weiche Strahlen vorzuziehen sein würden, ist noch eine offene Frage. Es scheint, als ob neuerdings auf Grund guter Heilerfolge die Meinung aufkommt, das besonders härtester Strahlen gute Heilwirkung (zellenzerstörende Wirkung) zuzuschreiben ist, vielleicht durch Auslösung von Sekundärstrahlung im Körpergewebe oder anderer speziell biologischer Eigenschaften (siehe Meyer und Ritter, Verh. d. Deutschen Röntgengesellschaft VIII, 131, 1912).

5. Berechnung der Absorption im menschlichen Körper.

Zur Übertragung der gewonnenen Resultate auf den menschlichen Körper nehme ich, wie allgemein üblich, an, daß die Absorption im menschlichen Körper ebenso vor sich geht, wie in Wasser, daß also das benutzte Strahlengemisch aus

einer Strahlung von	6 cm	Halbwertschicht	mit der Intensität	61	besteht.
„ „ „	3,3 „	„	„ „ „	29	
„ „ „	1,4 „	„	„ „ „	10	

Die Tiefenwirkung im Körper ergibt sich dann unter Berücksichtigung des Distanzverlustes bei 24 cm Fokusabstand, wie folgt:

I. Ohne Filter

Tiefe	Intensitäten in °/₀ d. Oberflächenintensität			
	harte Strahlen	mittelharte Strahlen	weiche Strahlen	Summe
0 cm-Hautoberfläche	61,0	29,0	10,0	100,0
2 „ Tiefe	41,5	16,2	3,2	60,9
4 „ „	28,1	9,3	1,0	38,4
6 „ „	19,5	5,2	0,3	25,0
8 „ „	13,6	3,1	0,1	16,8
10 „ „	9,6	1,8	0,0	11,4
12 „ „	6,8	1,0	0,0	7,8

relative Bestrahlungszeit 1.

II. Mit 3 mm Aluminiumfilterung, wodurch, wie sich aus den in Abschnitt 3 genannten Zahlen berechnet, das Intensitätsverhältnis 53,6 : 19,8 : 1,9, oder, auf eine Summe von 100 umgerechnet, 71 : 26,5 : 2,5 wird.

Tiefe	Intensitäten in °/₀ d. Oberflächenintensität			
	harte Strahlen	mittelharte Strahlen	weiche Strahlen	Summe
0 cm-Hautoberfläche	71,0	26,5	2,5	100,0
2 „ Tiefe	48,3	14,8	0,8	63,9
4 „ „	32,7	8,5	0,3	41,5
6 „ „	22,7	4,8	0,1	27,6
8 „ „	15,9	2,8	0,0	18,7
10 „ „	11,1	1,6	0,0	12,7
12 „ „	7,9	0,9	0,0	8,8

relative Bestrahlungszeit 1,38.

III. Mit 1 mm Kupferfilterung, wodurch das Intensitätsverhältnis 22,2 : 0,2 : 0, oder auf eine Summe von 100 umgerechnet, 99,2 : 0,8 : 0 wird.

Tiefe	Intensitäten in °/₀ d. Oberflächenintensität			
	harte Strahlen	mittelharte Strahlen	weiche Strahlen	Summe
0 cm-Hautoberfläche	99,2	0,8	0,0	100,0
2 „ Tiefe	67,5	0,4	0,0	67,9
4 „ „	45,7	0,3	0,0	46,0
6 „ „	31,8	0,1	0,0	31,9
8 „ „	22,1	0,1	0,0	22,2
10 „ „	15,6	0,0	0,0	15,6
12 „ „	11,0	0,0	0,0	11,0

relative Bestrahlungszeit 4,5.

Man sieht also, wie durch Filterung der Tiefenwirkung, vor allem aber der Prozentsatz an harten Strahlen besonders bei 1 mm Cu-Filter, allerdings hier unter hohem Opfer an Zeit, zunimmt.

Zum Schluß möchte ich noch Herrn Prof. Walter für Anregungen und Ratschläge, die ich durch Gespräche mit ihm über diesen Gegenstand empfangen habe, meinen Dank sagen.

Hamburg, Physikal. Staatslaboratorium, den 5. Dez. 1916.

VI.

Aus dem Zentral-Röntgeninstitut im k. k. Allgemeinen Krankenhaus.
Vorstand: Prof. Holzknecht.

Über Messung von Röntgenstrahlenenergie auf Grund der in der Röhre verbrauchten elektrischen Leistung.

Von

Richard Grann, physikalischer Mitarbeiter des Instituts und Gast der Kommission.

Eingegangen am 2. Dezember 1915.

Man hat sehr früh begonnen, die Anzeigen der Elektrometer für die Größe der Röntgenenergie zu verwerten (Levis, Jones, Milliamperemeter 1905[1]), die parallele Funkenstrecke als Voltmeter[2]) usw.) und hat noch lange nach Inangriffnahme der direkten Messung des Endproduktes, der Röntgenstrahlen selbst durch Holzknecht 1902[3]) an der Vervollkommnung der indirekten elektrometrischen Messung gearbeitet. Seit geraumer Zeit aber, insbesondere seit der Verwendung eines immer größeren Härtebereiches der Strahlung, ist es davon in der Literatur still geworden, ohne daß dieser bisher als hoffnungsvoll bezeichnete Weg ausdrücklich fallen gelassen worden wäre. Da sich überdies noch viele Empiriker in der medizinischen Praxis tatsächlich seiner bedienen, so lohnt es sich doppelt, ihn im Rahmen der Kommissionsarbeiten nochmals zu überprüfen, um keine Möglichkeit unbesehen fallen zu lassen. Die Wahrheit kann ja nur durch Widerlegung aller Irrwege ganz erfaßt werden.

Bei den außerordentlichen Schwierigkeiten, die sich jeder direkten Messung von Röntgenstrahlenenergie in den Weg stellen, liegt der Gedanke nahe, die in der Röhre verbrauchte elektrische Leistung, ermittelt aus dem durchfließenden Strom und der Spannung an den Elektroden der Röhre, zu der von der Antikathode ausgesandten Strahlenenergie in Beziehung zu bringen und es wurde dabei die Vermutung ausgesprochen, es könnte die ausgesandte Strahlenenergie in weiten Grenzen (der Röhrenbelastung und der Klemmenspannung) der in der Röhre verbrauchten Leistung proportional, das heißt mit anderen Worten, es könnte der Wirkungsgrad der Röhre, in der eine Umsetzung elektrischer in Strahlenenergie erfolgt, konstant sein.

Exakt bewiesen wurde diese Vermutung nie und wohl auch kaum ein derartiger Versuch gemacht; daß sie jedoch gänzlich unbegründet ist, kann leicht gezeigt werden.

Die in der Röhre verbrauchte Leistung sei L, diese wird zum Teil zur Erwärmung der Antikathode und der Röhre — wir nennen diesen Teil V, Verlust — verwendet, zum Teil wird er in Strahlungsenergie S umgesetzt, wobei noch zu beachten ist, daß in der Röhre nicht nur Röntgenstrahlen entstehen, sondern auch Kathodenstrahlen erzeugt werden, welche nicht die Antikathode treffen und irgendwo im Glase stecken bleiben, also mit zum Verlust V zu rechnen sind, ferner ein, wenn auch geringer Teil der Energie als Lichtstrahlen die Röhre verläßt. Also $S + V = L$. Die wenigen absoluten Messungen an Röntgenstrahlen, welche vorliegen, stellen unwiderleglich fest, daß S und V von sehr ungleicher Größe sind und in sehr einfacher Weise bestätigen dies die kalorimetrischen Messungen, indem man fast die ganze elektrische Leistung in Wärme umgesetzt wiederfindet, so daß der Wirkungsgrad einer Röntgenröhre, das

[1]) I. Congrès international de Physiotherapie, Liège 1905.

[2]) Klingelfuß: Strahlentherapie, Bd. III, 1913, H. 2, S. 771 ff., sowie früher a. a. O. vgl. den Nachtrag.

[3]) Holzknecht: Verhandlungen des II. int. Kongress für Elektrologie in Bern.

Verhältnis $\frac{S}{L}$ sehr klein, die Strahlungsausbeute eine sehr schlechte ist; sie beträgt (bei den gashaltigen Röhren wenigstens) im besten Falle einige Prozent und bleibt stets unter 1%.

$\frac{V}{L}$ ist wenig kleiner als 1, das heißt der größte Teil der aufgewendeten Energie wird nicht für den angestrebten Zweck der Strahlenerzeugung verwendet, sondern auf Wärmeentwicklung verbraucht. Die Verhältnisse liegen also ganz so, wie in allen jenen Fällen, wo eine Energieumwandlung eine Strahlenemission zum Zwecke hat. Es wird vorwiegend Wärme erzeugt; bei allen Lichtquellen, die wir verwenden, begegnen wir der gleichen Erscheinung, während z. B. dort, wo elektrische Energie in mechanische umgesetzt wird, der Verlust gering ist, und 10 bis 15, unter Umständen aber auch nur 5% und noch weniger beträgt. Das Verhalten elektrischer Maschinen z. B. in bezug auf Abhängigkeit des Wirkungsgrades von der Belastung ist genau untersucht, von einem gewissen Bereich geringer Belastung, wo derselbe klein ist, abgesehen, ändert er sich in den praktisch verwendeten Belastungsgrenzen verhältnismäßig wenig, man könnte da, wenn nicht die auf höchste Okonomie abzielenden Anforderungen der heutigen Technik größere Genauigkeit erforderten, sagen: der Wirkungsgrad bewegt sich hier zwischen z. B. 85 und 90%; setzen wir ihn im Mittel 87,5% und bestimmen die elektrische Leistung, so können wir (in dem fraglichen Gebiet) durch Multiplikation mit 0,875 auf die abgegebene mechanische Leistung schließen, wobei wir unter Umständen einen Fehler von $87{,}5 - 85 = 2{,}5\%$ von der ganzen aufgenommenen und von $2{,}5 : 0{,}875 = 3\%$ der ermittelten mechanischen Leistung machen; ein Fehler der bei Röntgenstrahlenmessungen, wo die erzielbare Genauigkeit bekanntlich noch immer eine geringe ist, gar nicht in Betracht käme, bei technischen Untersuchungen jedoch sehr oft nicht mehr zulässig ist. Wollte man aber den Verlust bei obiger Maschine in ähnlicher Weise aus der aufgenommenen Leistung zu ermitteln suchen, so wäre dies nur mit viel geringerer Genauigkeit möglich, er beträgt im betrachteten Gebiet 10 bis 15%, ändert sich also stark; 2,5% Fehler bei der abgegebenen mechanischen Leistung entspricht hier einem Fehler von 20%, wie leicht einzusehen, da der Verlust auf seine eigene Größe bezogen, weit größeren Schwankungen unterliegt. Wir dürfen aber unter Umständen aus der Summe zweier Größen auf den größeren Teil dieser Summe mit einiger Sicherheit schließen, das heißt auf den der, wie man sich vorher überzeugt haben muß, stets einen wesentlichen Bestandteil der gemessenen Größe ausmacht, nicht aber auch auf den kleineren, der gleichzeitig sehr wesentlichen Änderungen ausgesetzt sein kann.

Bei der Röntgenröhre ist nun die gesuchte Größe, nämlich der als Strahlenenergie nutzbar gemachte Teil der elektrischen Leistung verschwindend gering gegenüber dem Verlust; ein Gebiet mit einer solchen Konstanz des Wirkungsgrades, daß man aus der zugeführten elektrischen Energie auf den Verlust (den weitaus größten Teil) mit guter Annäherung schließen könnte, ist leicht denkbar, dagegen ist es äußerst unwahrscheinlich, daß die Umsetzung in Strahlenenergie stets mit derart gleichmäßiger Nutzbarmachung desselben Anteiles erfolgt, daß sich der kleinere Teil mit einiger Sicherheit berechnen ließe.

Ganz ähnliche Verhältnisse liegen vor bei einer Methode von Köhler, Christen, Messung und Dosierung, S. 80, welcher versucht, durch die Zeit, in der eine hinter der Antikathode angebrachte Masse eine bestimmte Temperatur erreicht, also durch Messung eines (des bedeutendsten) Teiles des Wärmeverlustes, auf die ausgesandte Röntgenenergie zu schließen. Statt aus der Größe L, will er aus der bei Röntgenröhren von dieser nur um wenige Prozent (eben um die nutzbare Strahlenenergie S) verschiedene Energiemenge auf S schließen; das eine ist natürlich ebensowenig berechtigt wie das andere, solange nicht der Nachweis erbracht wird, daß der Wirkungsgrad einer Röntgenröhre in weitem Bereiche konstant ist.

Zwei Kurven werden den Unterschied der beiden Fälle, Schluß vom ganzen auf den großen und den kleineren Teil am besten erkennen lassen. Fig. 1 stellt eine Wirkungsgradkurve dar, wie sie z. B. einer elektrischen Maschine zukommen kann; bei gleicher zugeführter Leistung, immer 1 = die ganze Höhe des Rechteckes, ist unter der Kurve die nutzbar ge-

machte Energie, darüber der Verlust; im Gebiete a bis b ändert sich der Wirkungsgrad wenig, man könnte aus L annähernd auf M (mechanische Leistung) nicht jedoch auf V schließen; bei einer Vorrichtung nach Art der Röntgenröhre hat man S statt M und dieses statt V zu setzen. Man kehrt also die Kurven um; es würde einen fast vollkommen horizontalen Verlauf der Kurve im Gebiet a bis b erfordern, wenn man den Schluß aus L auf S mit nur einiger Sicherheit wollte ziehen können.

Die Erfahrung, die jedoch hier allein nicht maßgebend sein kann, da die Verwandlung elektrischer in Röntgenenergie von der Erzeugung von Lichtstrahlen grundsätzlich verschieden ist, lehrt, daß diese Umsetzungen in elektrischen Glühlampen z. B. keineswegs mit konstantem Wirkungsgrad erfolgen, dieser vielmehr mit der Belastung stark wechselt.

Es ist nur noch von Interesse zu überlegen, wie die beiden für die Leistung maßgebenden Größen, Strom und Spannung auf die Quantität der ausgesandten Röntgenenergie Einfluß nehmen können. Ändert, erhöht man z. B. den durch die Röhre fließenden Strom, ohne die an der Röhre wirkende Spannung zu ändern — dies ist bei der gewöhnlichen Röhre nur möglich, wenn man den Gasinhalt ändert, oder aber, wie dieses oft vorkommt, durch Änderung der Temperatur und Freiwerden von Gas aus dem Glas oder aus Metallteilen, eine solche Änderung von selbst eintritt —, so beteiligen sich mehr Elektronen am Stromtransport, sie bewegen sich aber im Durchschnitt mit derselben Geschwindigkeit wie zuvor, treffen unter gleichem Winkel auf die Antikathode, jedes Elektron hat stets dieselbe Ladung, soll der Strom größer werden, so muß eine größere Zahl von ihnen in Bewegung sein, und bei bloßer Änderung des Stromes wird nur der Vorgang in einem anderen Maßstab vor sich gehen, es wird qualitativ (durchschnittlich, da nicht jedes Elektron die gleichen Beeinflussungen erleidet) nichts geändert, auch der Wirkungsgrad scheint sich bei sonst gleichen Verhältnissen bei Änderungen des Stromes allein nicht wesentlich zu ändern. Kröncke, Ann. d. Phys., 43, 1914, findet die ausgesandte Strahlenenergie dem Strome, der durch die Röhre fließt, proportional.

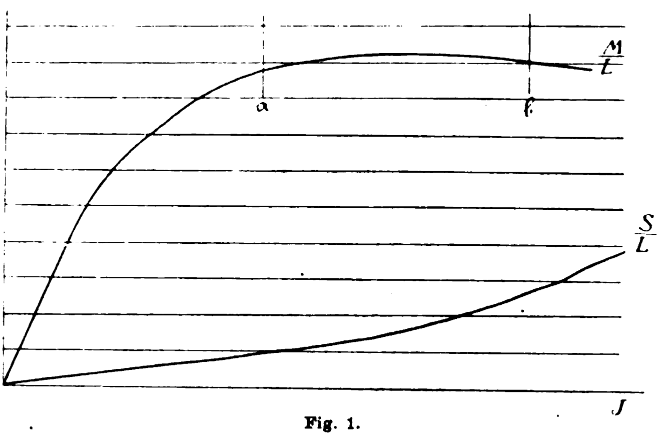


Fig. 1.
Wirkungsgradkurven.

I. Umsetzung elektrischer L in mechanischer Energie M. M überwiegt, ein Schluß aus L auf M im Bereich $a\,b$ möglich.

II. Umsetzung elektrischer L in Strahlungsenergie S (d. h. Fall mit schlechtem Wirkungsgrade). V überwiegt, ein Schluß aus L auf S im Bereich $a\,b$ ist nicht möglich.

Anders liegt die Sache, wenn man denselben Strom bei anderer Spannung (auch wieder durch Änderung des Gasinhaltes erzielt) durch die Röhre schickt; dann ist die Geschwindigkeit der Elektronen (im Durchschnitt) eine andere; sie steigt bei wachsender Spannung, da die Ladung eines Elektrons dieselbe bleibt, so tritt eine andere Zahl solcher in Tätigkeit.

Kröncke findet (l. c.), daß die Intensität der Strahlung nach einem quadratischen Gesetz mit der Spannung wächst. Ist diese zweite Feststellung, welche weniger sicher ist als die Proportionalität zwischen Intensität und Strom, richtig, so trifft natürlich die der Messung aus der Leistung zugrundeliegende Annahme des konstanten Wirkungsgrades nicht zu, denn die Leistung ist der ersten Potenz von Strom und Spannung proportional.

In einer Arbeit „Energiemessung von ionisierenden Strahlen, insbesondere von Röntgenstrahlen". Phys. Z., 17, S. 25, 1916 erwähnt Christen diese Untersuchungen Krönckes und bemerkt ganz richtig, daß die quadratische Abhängigkeit der Intensität von der Spannung nicht bestehen kann, weil der Luftabsorptionskoeffizient mit zunehmender Spannung, also Härte

der Strahlung abnimmt, worauf Kröncke nicht Rücksicht genommen hatte. Ob aber der Luftabsorptionskoeffizient gerade linear mit zunehmender Spannung abnimmt, möge dahingestellt bleiben und man wird vielleicht vorsichtig den Schluß, daß die Intensität eine algebraische Funktion 3. Grades der Spannung sei, dahin einschränken, daß die Intensität sicher rascher als quadratisch mit der Spannung zunimmt.

Die Annahme des konstanten Wirkungsgrades könnte in der rein physikalischen Vorstellung von der Entstehungsweise der Röntgenstrahlen eine scheinbare Stütze finden. Man könnte etwa sagen: Die Masse der einzelnen Elektronen ist immer dieselbe, ihre Ladung ist es auch. Die Wärme entsteht dadurch, daß die lebendige Kraft der bewegten Masse in Wärmeenergie übergeht, die Röntgenstrahlung dadurch, daß die bewegte Elektrizitätsmenge zur Ruhe kommt, d. h. ihr Feld verschwindet plötzlich; beides geschieht stets vollständig, wenn auch je nach der Geschwindigkeit des Elektrons in verschiedener Zeit, und zwar in um so kürzerer, je größer diese Geschwindigkeit ist, weil die auftretende Verzögerung vom zurückgelegten Wege abhängt[1]). Wäre nun die bei zur Ruhe kommen eines Elektrons ausgesandte Röntgenenergie dem Quadrat der Geschwindigkeit proportional, sowie es die lebendige Kraft der Masse ist, welche in Wärme umgesetzt wird, dann wäre das Verhältnis von entstehender Röntgen- und Wärmeenergie konstant. Es folgt jedoch der bei Verschwinden des Feldes des bewegten Elektrons ausgesandte Röntgenimpuls höchstwahrscheinlich einem anderen Gesetze.

Es ist leicht einzusehen, daß selbst bei Vorhandensein eines annähernd konstanten Wirkungsgrades der Röhre die Dicke der Glaswand und die je nach der Zusammensetzung des Glases oft beträchtlich verschiedene Absorptionsfähigkeit noch immer bewirken könnte, daß die aus der Röhre tretende Strahlenenergie nicht stets derselbe Anteil der in der Röhre entstehenden ist; da die Reduktion, die der weichen Strahlen besonders, nicht zu vernachlässigen ist. Dieser Umstand würde sich nicht nur bei Verwendung verschiedener Röhrentypen geltend machen; auch dieselbe Gattung kann beträchtliche Unterschiede in der Dicke bei verschiedenen Exemplaren aufweisen.

Es kann eine Verschiedenheit des Wirkungsgrades, hervorgerufen durch verschiedene Antikathodenmetalle, auch in Frage kommen. Dieser Einfluß ist noch wenig untersucht, wenigstens liegen einwandfreie Resultate darüber noch nicht vor. Es ist sicher, daß die Qualität der ausgesandten Strahlung vom Antikathodenmaterial abhängt, was Eigenstrahlung als auch was Impulsstrahlung betrifft; quantitativ hängt vom Antikathodenmaterial wohl nur die Eigenstrahlung ab; bildet diese einen wesentlichen Teil der Gesamtemission (was bei gashaltigen Röhren sehr wahrscheinlich ist), so ist natürlich damit auch der Wirkungsgrad stark beeinflußt.

Der Temperatur der Antikathode wird ebenfalls von mancher Seite ein Einfluß auf die Qualität der Strahlung zugeschrieben, allerdings auch von anderer sehr bestritten. Daß jedoch das Antikathodenmaterial die Quantität der Impulsstrahlung irgendwie mitbestimmt, ist nach unserer Vorstellung von der Entstehungsweise der Röntgenstrahlen nicht anzunehmen, denn es ist gleichgültig, woraus die Antikathode besteht, es kommt dieselbe Zahl von Elektronen, also dieselbe Ladung zur Ruhe. Indirekt ist ein (scheinbarer) Einfluß auf die Quantität der Impulsstrahlung möglich, indem die Strahlung ein wesentliches Quantum weicher Bestandteile enthält, das sonst restlos in der Glaswand oder unter Umständen vielleicht schon auf dem Wege durch die ganz dünne Oberflächenschicht der Antikathode selbst absorbiert wird, da die Röntgenstrahlen ja in einer, wenn auch sehr geringen Tiefe unter der Oberfläche entstehen; natürlich trifft dieser Einfluß merklich nur weiche Strahlen, die in der Therapie, bzw. überall dort, wo filtriert wird, gänzlich verschwinden.

Ein Wort wäre noch zu sagen, über Strom und Spannung, deren Messung und die Ermittlung der Leistung aus diesen beiden Größen. Zu glauben, die Messung dieser elektrischen Größen wäre besonders leicht, sicher und bequem, weil das sonst bei elektrischen Größen allerdings meist zutrifft, wäre ein Irrtum.

[1]) S. a. Walter in Albers-Schönberg, Die Röntgentechnik.

Den Strom mißt wohl ein Milliamperemeter[1], trotz der eigentümlichen Kurvenform einigermaßen richtig; man erhält den einfachen Mittelwert, wobei Schließungsstrom bekanntlich nicht nur nicht mitgemessen, sondern, was ein Nachteil ist, subtrahiert wird. Ein geeignetes Instrument zur Messung der Spannung gibt es aber bis jetzt eigentlich nicht; die elektrostatischen Hochspannungsvoltmeter[2]) messen einen Mittelwert, der aber durchaus kein einfacher, das heißt algebraischer, zu sein braucht, für gewöhnlich vielmehr ein quadratischer sein wird und von der Unterbrechungszahl sicher abhängig ist.

Außer mit dem Voltmeter läßt sich die Spannung an der Röhre auch messen mit einer Parallelfunkenstrecke, man kann jedoch dieses Verfahren bei den allergeringsten Anforderungen an Genauigkeit kaum ernstlich in Erwägung ziehen, obwohl dieses Mittel auch für Zwecke der drahtlosen Telegraphie Anwendung gefunden hat. Abgesehen davon, daß die Funkenlänge von Form, Größe und Material der Elektroden, Kugeln, Spitzen, Spitze und Platte oder dergleichen sehr wesentlich abhängt — dieser Übelstand wäre durch einfache Normalisierung zu beseitigen —, ist die Schlagweite sehr wesentlich abhängig vom Zustand der Luft in dem Raume, wo sich die Apparatur befindet, wobei nicht nur der Feuchtigkeitsgehalt in Betracht kommt, sondern auch der Ozongehalt und damit die Ionisierung der Luft, der nach längerem Betrieb des Apparates ein weit höherer ist als zu Beginn. Die erreichbare Schlagweite hängt (neben zahlreichen anderen Umständen) im wesentlichen vom erreichten Höchstwert der Spannung ab, der für die Bestimmung der Leistung gänzlich belanglos ist.

Gesetzt den Fall, man hätte diese beiden Mittelwerte von Strom und Spannung gemessen, so darf man keineswegs glauben, daß ihr Produkt der in der Röhre verbrauchten Leistung proportional oder gar gleich wäre; Kurvenform von Strom und Spannung sind nicht gleich; die Röhre ist ein variabler Widerstand (mit einer Charakteristik); der richtige Wert ist $\int_0^T e_{mom}\, i_{mom}\, dt$, sich auf die Grundwellen zu beziehen, ist bei der spitzen unregelmäßigen Form der Strom- und Spannungskurven wohl nicht möglich.

Wir haben eigentlich kein Mittel, die in der Röhre verbrauchte Leistung genau festzustellen; Wattmeter sind der hohen Spannung wegen natürlich nicht verwendbar, da doch schon das Voltmeter elektrostatisch sein muß und überdies nicht verläßlich ist.

Damit ist natürlich nicht gesagt, daß die Benutzung des Milliamperemeters usw. für grobe Schätzungen wie sie zum Beispiel in der Technik der Röntgenaufnahmen unter sonst konstanten Bedingungen also mit gleichen Instrumentarium allgemein gebräuchlich sind, ihren Zweck nicht ziemlich gut erfüllen. Nur von größeren Genauigkeitsanforderungen (therapeutische Praxis und technische oder physikalische Messung) ist hier die Rede.

Zu Strom- und Spannungsmessung.

Eine gewisse Sonderstellung unter den indirekten, mit Strom- und Spannungsmessung arbeitenden Methoden nimmt das Verfahren von Klingelfuß ein, der sich zur Spannungsmessung einer eigentümlichen Anordnung des sogenannten Sklerometers bedient. Das Verfahren ist beschrieben in Strahlentherapie, Bd. III, 1913, H. 2, S. 771ff., und da auf seine Ausbildung viel Arbeit verwendet wurde und ein unstreitiger Erfolg auch erzielt wurde, sei hier etwas näher darauf eingegangen. Auf Grund seiner reichen Erfahrungen im Bau und Betrieb von Funkeninduktoren und eingehendsten Studien über Gasentladungen unter verschiedenem Druck, gelangt der Verfasser zur Unterscheidung von dreierlei Spannungen, die beim Betrieb

[1]) Drehspulinstrument wie Walter in Albers-Schönberg Die Röntgentechnik, S. 112ff. ausführlich darlegt.

[2]) Hochspannungsvoltmeter werden bis zu Mittelwerten der Spannung von 50000 Volt, entsprechend Höchstwerten von etwa 70000 Volt gebaut; die Spannungsmaxima an einigermaßen harten Röhren erreichen leicht 150000 Volt.

einer Röntgenröhre zur Wirkung kommen: 1. Ionisationsspannung, 2. Funkenpotential, 3. Spannung des Röntgenstroms; die bei jedem Impuls zur Wirkung kommen, und zwar zeitlich nacheinander und nur während der Dauer der letztgenannten entstehen Röntgenstrahlen, deren Härte von dieser letzteren allein abhängt[1] [2].

Es gelingt Klingelfuß mittels einer geschickten Anordnung, indem er das Meßinstrument in die Mitte der Sekundärspule schaltet, nur eine von der gesuchten wirksamen Spannung abhängige zu messen, während die anderen ohne Einfluß auf das Instrument bleiben, jedenfalls ist dies das beste Verfahren überhaupt an einem Induktor, irgendeine Spannung zu messen, weit überlegen an Bequemlichkeit und Genauigkeit dem Bauer-Qualimeter und dergleichen. Das Voltmeter kann ein normales Hitzdrahtinstrument von großer Genauigkeit bei relativ einfacher Herstellung sein, kann ohne Gefahr abgelesen werden, weil es geerdet ist, und an beliebiger Stelle angebracht sein, und ein weiterer großer Vorteil ist nach Angabe des Verfassers der, daß es bei Härteunterschieden, die mit anderen Meßverfahren kaum festgestellt werden können, mit einem großen Spannungsintervall anzeigt. Der Anordnung läßt sich eine gewisse technische Durchbildung und Vollkommenheit keineswegs absprechen.

Der Einführung des Apparates war wohl vor allem hinderlich, daß, wenn man nicht das ganze Induktorium bereits, mit der Meßeinrichtung bezieht, eine Meßspule am Induktor angebracht und mit demselben geeicht werden muß und bei dieser Adaptierung die Vorzüge des Verfahrens nicht voll zur Wirkung kommen dürften. Ob es jedoch berechtigt ist, wie Klingelfuß dies l. c., S. 788, tut, die gesuchte an der Röhre wirksame Spannung mit der an den Meßwindungen ermittelten einfach durch einen konstanten Proportionalitätsfaktor zu verbinden, ist äußerst fraglich; vorsichtiger wäre es, sie nur als eine Funktion der letzteren zu bezeichnen; (bei bestimmter Unterbrechungszahl und bestimmtem Strom gewiß eindeutige Funktion, ob aber auch bei verschiedenem Strom ist wohl sehr unsicher).

Daß die nach diesem Meßverfahren gemessene Spannung ein Mittelwert der an der Röhre (d. h. an der Meßspule, wenn man die Proportionalität nicht annimmt) tatsächlich herrschenden darstellt, ist ohne weiteres klar, und auf S. 813, 814 werden daraus die entsprechenden Folgerungen gezogen; die Bemerkung S. 813 aber, „jede Härtegruppe im Strahlengemisch entspricht einer bestimmten Spannungsamplitüde einer abklingenden oszillatorischen Entladung der disponibeln Kapazität". Ohne näher untersuchen zu wollen, was der Verfasser mit „disponibler Kapazität" meint, muß der hier ausgesprochenen Ansicht entgegengetreten werden; dies würde heißen (oder kann wenigstens so aufgefaßt werden), als würde eine an die Röhre angelegte Gleichspannung eine homogene Strahlung ergeben, die Komplexität nur durch die während des Impulses wechselnde Spannung bedingt sein; dies ist, wie Versuche gezeigt haben, nicht der Fall; auch bei Gleichstrom ist die Strahlung komplex.

Die bekannte Behauptung, daß gut differenzierte Röntgenbilder nur infolge der Komplexität der Strahlung zustande kämen, findet sich auch hier, wie überall (S. 812), unbewiesen wie immer; während bei richtiger Exposition jede nicht zu harte Strahlung geeignet sein muß, gut differenzierte Bilder zu erzielen.

Weniger glücklich erscheint die von Klingelfuß auf seinem System der Spannungsmessung begründete Methode der Ermittlung der von der Röhre ausgesandten Röntgenenergie. Daß gleiche Produkte von Stromstärke, Härtegraden und Belichtungszeit gleiche Schwärzungen (S. 734) ergeben, ist nur ein Wahrscheinlichkeits-, kein exakter Beweis für ihre Richtigkeit, so lange nicht nachgewiesen ist, daß gleiche absorbierte Energiemengen in verschiedenen Strahlenqualitäten gleiche Schwärzung hervorrufen. Der Satz S. 796, „Das Produkt aus der

[1]) Aber nicht proportional ist, wie es auf S. 805 heißt; wenigstens müßte das Maß angegeben werden, in dem das der Fall sein soll!

[2]) Nach Ansicht des Verfassers; der Hauptsache nach dürfte das zutreffen; fraglich ist nur, ob nicht (besonders bei harten Röhren) schon Röntgenstrahlen entstehen, ehe Spannung 2 in 3 übergegangen, das Funkenpotential also nicht doch wenigstens für einen Teil des Impulses maßgebend ist.

Sklerometer- und Milliampèreablesung bezeichnet die Röntgenstrahlenleistung", muß damit noch mit großer Reserve aufgenommen werden; es ist hier auch eine Konstanz des Wirkungsgrades vorausgesetzt, deren annähernde Gültigkeit vielleicht auf Grund mancher Versuche vermutet, jedoch nicht als sicher' bezeichnet werden darf.

Auf S. 817 werden die Energiegrößen mit therapeutischen Wirkungen ohne weiteres identifiziert. Diese Frage ist bei dem heutigen Stande der Dinge noch nicht diskutabel; auf keinen Fall darf man dies aber schon für sicher hinnehmen.

Gegen gewisse weitere Folgerungen des Verfassers, der auf S. 832ff. sein System für die Praxis weiter ausbaut, ließe sich vom Standpunkt der wissenschaftlichen Exaktheit manches einwenden, wenn das System auch den heute in der Praxis üblichen Methoden an Wert ohne weiteres gleichkommen mag.

Ergebnis.

Die sogenannte indirekte Messung der Intensität von Röntgenstrahlen auf Grund von Strom- und Spannungsmessungen, bzw. Leistungsmessungen an der Röhre unter Annahme eines konstanten Wirkungsgrades für die Erzeugung strahlender Energie, ist nicht geeignet, richtige Resultate zu ergeben,

1. wegen der Schwierigkeiten, die derzeit noch richtigen Spannungs- und besonders Leitungsmessungen an Röntgenröhren entgegenstehen,
2. wegen Unhaltbarkeit der Annahme des konstanten Wirkungsgrades.

Diese Gründe lassen überhaupt Methoden der direkten Messung empfehlenswerter erscheinen. Es wurde also in der letzten Zeit von dieser Richtung mit Recht abgesehen.

Die gasfreien Röhren in der röntgenologischen Praxis.

Vortrag gelegentlich der Demonstrationen und Vorträge zu Tagesfragen der ärztlichen Wissenschaft und Praxis im Allgemeinen Krankenhaus St. Georg in Hamburg Oktober 1916[1]).

Von

Prof. **Albers-Schönberg.**

M. H. In der Entwicklungsgeschichte der Röntgenröhre bezeichnen die Jahre 1915 und 1916 einen Höhepunkt, denn in diese Zeit fällt die schon in der zweiten Hälfte 1914 beginnende allgemeinere Einführung der gasfreien Röhren in die deutsche röntgenologische Praxis. Es ist bewundernswürdig, daß trotz der ungünstigen Materialverhältnisse und des Mangels an technisch geschulten Hilfskräften eine so einschneidende und bedeutende Neuerung durch die beteiligten Firmen während des Krieges hat durchgeführt werden können.

„In den 80er Jahren des vergangenen Jahrhunderts stellte Edison fest, daß ein hocherhitzter Körper eine Entladung im luftleeren Raume einzuleiten gestattet. (Edison-Effekt.) Eingehende Untersuchungen darüber an Kohle und verschiedenen Metallen hat Richardson ausgeführt und im Jahre 1903 zu einer grundlegenden Theorie zusammengefaßt, aus der die Unabhängigkeit der Anzahl der von dem glühenden Metall abgegebenen Elektronen von den Gasresten und ihre alleinige Abhängigkeit von der Temperatur des Metalles folgte[2])."

Die ersten Versuche in Deutschland, Kathodenstrahlen unabhängig von der bei den gashaltigen Röhren stattfindenden Stoßionisation durch besondere Elektronenquellen zu erzeugen, stellte Wehnelt an. Diese erste Glühkathodenröhre, über welche in den Sitzungsberichten der

[1]) Mit späteren Nachträgen während der Drucklegung.

[2]) Nach brieflichen Mitteilungen von J. E. Lilienfeld.

Medizinisch-Physikalischen Sozietät Erlangen 37, 1905, Seite 312[1]), berichtet wird, lieferte indessen zu weiche Strahlen, so daß sie für medizinische Zwecke nicht in Betracht kam. Eine härtere Strahlung hätte nur durch eine Erhöhung der Spannung, welche die Röhre ohne Zerstörung der Glühkathode nicht vertragen konnte, erzielt werden können.

Auch die von Dember[2]) 1911 und 1913 veröffentlichte Röhre, die ausnehmend harte Strahlen lieferte, konnte wegen nicht ausreichender Intensität für ärztliche Zwecke keine Verwendung finden.

Versuche, die Thermoionisation zur Erzeugung von Kathoden- und Röntgenstrahlen zu benutzen, wurden ferner in Deutschland von Fürstenau[3]) und in Amerika von Langmuir[4]) gemacht.

Neue aussichtreichere Wege schlug, an Wehnelt anknüpfend, Lilienfeld ein. Mit seiner Röhre, welche den praktischen Bedürfnissen in erstaunlicher Weise genügte, werden wir uns unten eingehend zu beschäftigen haben. Lilienfeld berichtet erstmalig über diese Röhre 1911/12 in einer Arbeit[5]) mit dem Titel: *„Eine Röntgenröhre von beliebigem und momentan einstellbarem, vom Vakuum unabhängigem Härtegrad“.* Diese Röhren wurden 1912 und 1913 von Rosenthal und Holzknecht in der Praxis ausprobiert. Im Laufe des Jahres 1914 übernahm die Firma Koch & Sterzel in Dresden die Lilienfeldschen Versuchsanordnungen für den Röhrenbetrieb zur technischen Durchbildung, mit der sich innerhalb der Firma hauptsächlich F. J. Koch beschäftigte. Die Firma brachte vom April des Jahres 1914 an Apparate und Röhren in die Praxis in einer der Formen, in welchen sie zurzeit der Allgemeinheit zugänglich sind. Seit 1914 sind ärztliche Veröffentlichungen über die diagnostische und therapeutische Anwendung der Lilienfeldröhren von Holzknecht, Albers-Schönberg und Hirsch, sowie eine Arbeit von F. Rinne über mineralogische Anwendungen (Interferenzaufnahmen an Kristallen) und eine Untersuchung über die Homogenität von Wachtel (siehe diese Nummer der Fortschritte) erschienen.

Die amerikanische Coolidgeröhre wurde zuerst ausführlich in der Dezembernummer 1912 der Physical Review, deutsch in den Fortschritten auf dem Gebiet der Röntgenstrahlen Bd. XXII, Heft 1 beschrieben. Wenn Lewis Gregory Cole in dieser Nummer sagt, daß Coolidge außer Röntgen selbst mehr als alle anderen zur Förderung der Röntgenologie beigetragen habe, so stimme ich diesem Urteil unbedingt zu, möchte nur statt Röntgenologie Röntgentechnik sagen und das Verdienst des großen Fortschrittes wie billig zwischen Coolidge und Lilienfeld teilen. Es ist ein merkwürdiger Zufall, daß den Röntgenologen gleichzeitig zwei neue Röhrentypen, welche alles bisher bekannte weit hinter sich lassen, beschieden worden sind. Der Wettkampf der beiden Typen wird für die Röntgentechnik interessant und nutzbringend werden.

Die Coolidgeröhre wurde den deutschen Ärzten durch die Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft Anfang 1914 vorgeführt. Über die weitere Entwicklung der Röhre in Amerika stehen zurzeit keine ausreichenden Berichte zur Verfügung. Es ist indessen bekannt, daß die amerikanischen Röntgenologen mit den diagnostischen und therapeutischen Eigenschaften der Coolidgeröhre sehr zufrieden sind.

Am 17. und 18. Juli 1914 hatte ich Gelegenheit, zusammen mit W. Baxmann (Siemens & Halske), Versuche mit dieser Röhre am Gleichrichter im K.-H. St. Georg in Hamburg an-

---

[1]) Wehnelt-Trenkle: Die Erzeugung sehr weicher Röntgenstrahlen.

[2]) Verhandlung der deutschen physikal. Ges. Jahrg. 1911, S. 601 und Jahrg. 1913, S. 560.

[3]) R. Fürstenau: Beschreibung zum Deutschen Reichspatent Nr. 271306.

[4]) Irving Langmuir Phys. Rev., 1913, Nr. 65, 450, deutsch: Phys. Z. XV, 1914, S. 348 und 516.

[5]) Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen, Bd. 18, 1911/12, S. 256. Ferner daselbst, Bd. 23, Heft 1, Mai 1915. Ferner The Physical Review (2), Bd. 2, S. 409. Dezember 1913: „A powerful Roentgen-ray tube with a pure electron-discharge“, deutsche Übersetzung in „Strahlentherapie“, Bd. 5 (1915).

zustellen. Wenn auch noch manches mangelhaft war, so konnte man doch damals schon dem Typ eine große Zukunft voraussagen. Besonders überraschend wirkte die beliebige Einstellung des Härtegrades und die große Intensität der Strahlung.

Die Erkenntnis der besonderen Vorzüge des Wolframs, seine Gasfreiheit bei entsprechender Behandlung, sein hoher Schmelzpunkt und die mit der Siemens-Wolframröhre gewonnenen Erfahrungen veranlaßten Siemens & Halske trotz der Kriegsverhältnisse den Bau der Coolidgeröhre, jetzt Siemens Glühkathodenröhre genannt, aufzunehmen und ihre bisherigen Mängel abzustellen. Es gelang ihnen eine Diagnostik- und Tiefentherapieröhre zu schaffen, die hohen Ansprüchen genügt. In Verbindung mit den Röhren wurden diesen besonders angepaßte Betriebseinrichtungen gebaut, die eine von einander unabhängige Regelung von Intensität und Härte erlauben. Im Jahre 1916 gestaltete die Firma die Siemens-Glühkathodenröhre zur Wasserkühlröhre aus. Die Durchbildung der Röhre wurde innerhalb der Firma durch van Lonkhuyzen, die der Apparaturen durch K. Lasser ausgeführt. In einem Experimentalvortrag am 26. Januar 1916 stellte K. Lasser die Röhre der medizin. Gesellschaft in Berlin vor.

Um die Lilienfeld- und die Siemens-Glühkathodenröhre zu verstehen, muß kurz auf die Vorgänge in der alten Röntgenröhre eingegangen werden.[1])

Das Vakuum der alten Röhren ist kein absolutes. Geringe Mengen Luft sind in der Röhre vorhanden, der Gasdruck beträgt $^1/_{1000}$ mm Hg. Durch Anlegen eines hochgespannten Stromes an die Pole der Röntgenröhre wird der Gasrest ionisiert und hierdurch eine Leitfähigkeit für den Strom hergestellt. Die positiven Ionen werden vom negativen Kathodenspiegel angezogen und geben hier den Anlaß zur Entstehung der negativen Kathodenstrahlen. Die Kathodenstrahlen sind negative Elektronen, d. h. ein Schwarm negativ geladener Massenteilchen von der Größe eines $^1/_{1800}$ Wasserstoffatoms. Sie sind magnetisch ablenkbar und bewegen sich mit $^1/_3$—$^1/_2$ Lichtgeschwindigkeit. Infolge dieser großen Geschwindigkeit erzeugen sie beim Aufprallen auf die Antikathode eine starke mechanische Wirkung, Wärme, wodurch sie auch die am schwersten schmelzbaren Metalle leicht zum Schmelzen bringen. Die Geschwindigkeit der Kathodenstrahlen ist abhängig von der Spannungsdifferenz an den Röhrenklemmen (30—70000 Volt), die Menge der Kathodenstrahlen hängt von der Menge der Gasatome (Gasdichte) ab. Je höher also ein Rohr evakuiert ist, d. h. je geringer die Gasdichte ist, um so geringer wird die Menge der Kathodenstrahlen-Elektronen sein und eine um so höhere Spannung wird an die Röhre gelegt werden müssen, um die Kathodenstrahlen und damit eine Leitfähigkeit im Vakuum zu erzielen. Je höher die Gasdichte ist, um so mehr Elektronen werden erzeugt und um so besser ist die Leitfähigkeit im Vakuum. Die erforderliche Spannung kann in diesem Falle geringer sein. In einem niedrig evakuierten Rohr wird also die Geschwindigkeit der Elektronen geringer sein, als in einem hochevakuierten.

Die Herstellung des Vakuum hat eine Grenze, wird es zu hoch, so hört die Auslösung der Kathodenstrahlen infolge mangelnder Ionisierung des Gasrestes auf und der elektrische Strom schlägt um die Röhre herum. Durch den Betrieb der Röhre wird die geringe Gasmenge immer mehr verbraucht, so daß schließlich das Vakuum so hoch wird, daß keine Ionisierung mehr stattfinden kann. Ist dieses Stadium erreicht, so wird durch besondere Vorkehrungen der geringe Gasinhalt regeneriert. Schließlich versagt die Regenerierung, womit die Lebensdauer der Röhre abgeschlossen ist. — Die Kathodenstrahlen erregen Phosphoreszenz des Glases. Die Halbteilung der Röhre beruht auf der Glasphosphoreszens, hervorgerufen durch sekundäre Kathodenstrahlen, d. h. durch diffuse Reflektion eines Teils des ursprünglichen Kathodenstrahlenbündels. Diese sekundären Strahlen erwärmen ebenso wie die primären Kathodenstrahlen die Glaswand der Röhre und erzeugen hier diffuse Röntgenstrahlen, welche man im Interesse der

[1]) vgl. hierzu Walter in A.-S. Röntgentechnik 4. Aufl. 1913.

Bildschärfe durch Bleidiaphragmen abblendet. Das primäre Röntgenstrahlenbündel entsteht an der Stelle (Fokus), wo die Kathodenstrahlen auf die Antikathode aufprallen. Die Kathodenstrahlen geben hier ihre elektrische Ladung ab. Der größte Teil der Energie setzt sich in Wärme um, während etwa $^1/_{1000}$ der Energie (Sommerfeld) als Röntgenstrahlen die Antikathode verläßt.

Laue, Friedrich und Knipping haben nachgewiesen, daß die Röntgenstrahlen Ätherschwingungen wie das Licht von außerordentlich kleiner Wellenlänge 1 bis 5.10^{-9} sind. Je größer die Geschwindigkeit und der Aufprall der Kathodenstrahlen auf die Antikathode ist, desto kurzwelliger und damit penetrierender, d. h. härter, je geringer der Kathodenstrahlenaufprall ist, desto langwelliger, d. h. weicher und von geringerer Penetrationskraft sind die Strahlen.

Das Charakteristische der alten Röntgenröhre ist also der geringe, sich allmählich aufbrauchende Gasgehalt, infolgedessen man von gashaltigen Röhren spricht. Das normale Lebensende der Röhre tritt naturgemäß dann ein, wenn das Gas im Betriebe aufgebraucht, beziehungsweise so weit vermindert ist, daß die Menge der durch Ionisierung erzeugten Elektronen zu gering geworden ist, um noch eine Leitfähigkeit im Vakuum herzustellen.

Die Lilienfeldröhre unterscheidet sich grundlegend von den alten Röhren dadurch, daß sie gasfrei, d. h., daß ihr Vakuum ein fast absolutes, einige $^1/_{100}$ Mikronen Hg betragendes ist. Sie beginnt also gewissermaßen da, wo die alte Röhre endet. Ein an die Lilienfeldröhre gelegter hochgespannter Strom würde, da er keine Leitfähigkeit im Vakuum findet, außen um die Röhre herum schlagen.

Lilienfeld hat nachgewiesen, daß bei Anwendnng einer glühenden Kathode der Entladungsvorgang im extremen Vakuum unbeeinflußt von der Höhe des Vakuums bleibt, sofern der Gasdruck unter einem gewissen Minimum liegt[1]). Glühende Metalle bewirken also eine Ionisation in dem sie umgebenden Gase (Thermionen). Während nun Coolidge, auf den die weiter unten zu besprechende Siemens-Glühkathodenröhre zurückgeht, eine glühende Kathode benutzte, verfuhr Lilienfeld anders. Er fügte der Röntgenröhre eine hinter der Kathode liegende Hilfskathode, welche den Glühkörper enthält und mit dem Röhrenvakuum durch die durchbohrte Kathode in direkter Verbindung steht, an. Die Kathode selbst bleibt kalt und ist so konstruiert, daß die Kathodenstrahlen nur im Kathodenhohlspiegelzentrum entstehen. Sendet nun der Glühkörper, welcher aus einem starken Metallfaden besteht und stets den gleichen Hitzegrad hat, Elektronen aus, so treten diese durch die durchbohrte Kathode und erzeugen im Vakuum eine Leitfähigkeit, so daß die Auslösung von Kathodenstrahlen möglich wird. Die Temperatur der Glühelektrode wird durch einen Heiztransformator konstant erhalten.

Zu dieser Anordnung tritt nun als wesentlichstes Element der sogenannte Zündstrom, durch den in dem an und für sich undurchlässigen Vakuum eine Leitfähigkeit erzeugt wird, hinzu. Vom Hochspannungstransformator oder vom Induktor wird ein durch einen Hochspannungswiderstand abstufbarer, relativ niedrig gespannter Strom, welcher die Glühelektrode mit der Kathode verbindet, abgezweigt.

Je weniger vom Hochspannungswiderstand eingeschaltet wird, desto stärker ist der Zündstrom, desto erheblicher die Elektronenentwicklung, desto größer die Leitfähigkeit des Vakuum, desto geringer die Spannung zwischen Röntgenkathode und Anode resp. Antikathode, desto langsamer die Kathodenstrahlen und desto weicher die Röntgenstrahlen. Wird ein hoher Widerstand im Zündstromkreise eingeschaltet, so wird der Zündstrom schwächer, die Elektronen-

---

[1]) zit. bei Koch, Die Röntgenröhre nach Lilienfeld, Fortschr. a. d. G. d. R., XXIII, 1, vgl. ferner Lilienfeld, „Die Elektrizitätsleitung im extremen Vakuum", Ann. d. Physik, Bd. 32, S. 674, 1910 und Bd. 43, S. 24, 1914.

entwicklung geringer, die Leitfähigkeit des Vakuum herabgesetzt, die Spannung zwischen Kathode und Anode höher, die Kathodenstrahlen schneller und die Röntgenstrahlen härter.

Man ist also imstande, den Härtegrad der Röhre durch Variieren der Spannung zwischen Kathode und Antikathode auf das Genaueste einzustellen. Der einmal eingestellte Härtegrad wird von der Röhre dauernd und ohne Schwankungen eingehalten.

Zum Betrieb der Lilienfeldröhre gehören also drei Stromkreise. 1. der Röhrenstromkreis, 2. von ihm abgezweigt der Zündstromkreis, 3. der Heizstromkreis. Zur Erklärung der Schaltung der Lilienfeldröhre möge die der Arbeit von Koch l. c. entnommene Figur 1, sowie die dazu gehörige Erklärung dienen.

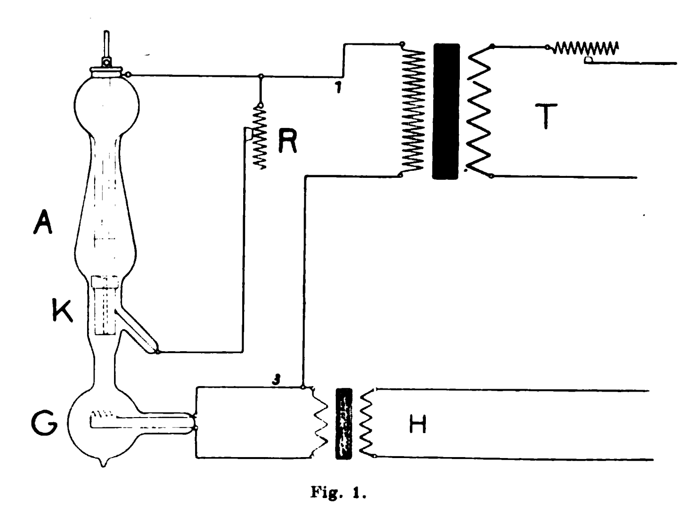


Fig. 1.

„Der Hochspannungs-Röntgentransformator oder Funkeninduktor T ist direkt an die Antikathode der Röntgenröhre und die Glühkathode G des Glühkathodenrohres angeschlossen. Die Glühkathode G wird durch den Heiztransformator H in der üblichen Weise erwärmt. Von der Anwendung des unzuverlässigen Akkumulators zur Speisung der Glühkathode hat Lilienfeld von Anfang an abgesehen. Zündinduktor und besonderer Zündstromkreis kommen bei dieser Anordnung ganz in Fortfall. Die eigentliche Röntgenröhre von der Röntgenkathode K zur Antikathode A ist durch einen in weiten Grenzen regulierbaren Hochspannungswiderstand R überbrückt. Im Beginne des Entladungsstoßes werden Kathodenstrahlen in der Kathode K ausgelöst und der übrige Teil der Entladung erfährt eine Verzweigung von der Kathode K aus zwischen Röntgenröhre und Hochspannungswiderstand R."

Wasserkühlung der Antikathode ist bei der Lilienfeldröhre ebenso wie bei der alten Röntgenröhre erforderlich. Zurzeit wird die konstante Kühlung durch eine die Wasserzirkulation regelnde Kreiselpumpe besorgt.

Die Röhre kann an jedes vorhandene Instrumentarium, Induktor oder Hochspannungsgleichrichter angeschlossen werden. Sie ist für Diagnostik und Therapie gleichermaßen geeignet. Die Therapieröhren haben, wie allgemein üblich, im Interesse der Haltbarkeit der Antikathode einen etwas abgestumpften Brennpunkt.

Das Ende der Röhre tritt ein durch Defektwerden eines ihrer Bestandteile oder infolge Durchbrennens des Glühfadens. In den meisten Fällen kommt nur das Fadendurchbrennen in Betracht. Da die Lebensdauer eines Glühdrahtes auf etwa 800 Brennstunden im Maximum zu berechnen ist, so ergibt sich für die Lilienfeldröhre die Möglichkeit einer erstaunlich langen Lebensdauer. Sie hat also, was die Dauerhaftigkeit angeht, vor der alten Type den großen Vorteil voraus, daß nicht ein bestimmt abgemessener Stoff (Gas) im Betriebe verbraucht wird, und daß sie nicht wie die alte Röhre nach Resorption des Gasgehaltes, trotz oft tadelloser Beschaffenheit aller Teile als unbrauchbar fortgelegt werden muß. Sie geht eben erst zugrunde, wenn sie in irgendeinem Teile defekt wird, und dieses weit hinauszuschieben liegt durchaus im Bereiche der Technik (vgl. das über Lebensdauer und Rentabilität gesagte).

Die aus Amerika stammende, von Siemens & Halske für den praktischen Betrieb verbesserte Coolidgeröhre, Siemens-Glühkathodenröhre, gehört ebenfalls zu den gasfreien Röhren, d. h. der Gasdruck beträgt nur wenige Hunderttausendstel Millimeter Quecksilber. Zur Erzeugung der Elektronen und damit der Leitfähigkeit im Vakuum wird nicht wie von

Lilienfeld eine besondere Glühelektrode verwand, sondern die Kathode selbst ist als Heizkörper ausgebildet. Sie besteht aus einer dünnen, röhrenförmigen Eisenelektrode, in welcher eine aus mehreren Windungen bestehende Wolframspirale sich befindet. Diese Spirale wird durch einen von einem Heiztransformator gelieferten elektrischen Strom zum Glühen gebracht. Je mehr Strom der Spirale zugeführt wird, desto höher ist ihre Temperatur und desto größer die Anzahl der freiwerdenden Elektronen und umgekehrt. Je größer die Elektronenzahl ist, desto höher wächst die Röhrenstromstärke (Milliampere) an, die demnach von der Temperatur der Heizspirale abhängig ist.

Was Lilienfeld durch die Veränderung der oben beschriebenen Zündspannung bei gleichbleibender Glühelektrodentemperatur (Elektronenzahl) erreicht, wird bei Coolidge durch Veränderung der Glükathodentemperatur erzielt. Wie bei Lilienfeld ist die Geschwindigkeit der Elektronen und damit der Härtegrad der Röntgenstrahlen von der an die Röhre gelegten Betriebsspannung abhängig. Völlig neu und abweichend von dem Verhalten der Lilienfeldröhre und dem der alten Typen ist das Fehlen der Beziehung zwischen der Betriebsspannung und der Stromstärke. Bei gleichbleibender Spannung (Härte) kann man die Intensität (M.-A.) beliebig variieren und umgekehrt läßt sich bei gleichbleibender Intensität die Spannung, d. h. der Härtegrad, nach Wunsch einstellen. Stellt man z. B. die Betriebsspannung auf 50000 Volt ein, so kann man, ohne daß die Härte der Röhre sich ändert, die Stromstärke durch Variieren der Temperatur der Heizspirale zwischen 1 und 50 (M.-A.) abstufen. Diese Eigenschaft verleiht der Glühkathodenröhre in hervorragendem Maße den Charakter der Durchleuchtungsröhre, worauf noch näher eingegangen werden soll. Auch bei der Lilienfeldröhre läßt sich eine konstante Härte bei verschiedener Milliamperezahl herstellen, hierzu bedarf es aber einer entsprechenden Abstufung des Zündstromes. D. h. wenn man bei einer bestimmten Stromstärke die Betriebsspannung (Härte) erhöhen will, so muß man entsprechend weniger Zündstrom einschalten, da anderenfalls die Stromstärke (Milliamperezahl) steigen würde.

Die Glühkathodenröhre kam anfangs ohne Wasserkühlung in den Handel. Durch Vergrößerung der Wärmekapazität an der Oberfläche der Wolframantikathode wurde diese nicht durch Wärmeleitung, sondern durch Wärmestrahlung gekühlt. Für geringe Beanspruchung im kleinen Betriebe reichte diese Kühlung aus, jedoch versagte sie, als sie in den Großbetrieb eingestellt wurde. Erst die Einführung einer gut funktionierenden Wasserkühlung hat es ermöglicht, die hervorragenden Eigenschaften der Glühkathodenröhre zur vollen Geltung zu bringen.

Glühkathoden- und Lilienfeldröhren können mittels Hochspannungsgleichrichter, also mit unterbrochenem Gleichstrom, betrieben werden. Es scheint jedoch zweckmäßig zu sein, ohne Gleichrichtung direkt mit hochgespanntem Wechselstrom zu arbeiten, wobei allerdings für die nötige Sicherung des Personals und der Kranken gegen Unfälle durch Stromübergang zu sorgen ist. Die Möglichkeit, direkt mit hochgespanntem Wechselstrom zu arbeiten, die bekanntlich bei den alten Röhren nicht vorliegt, erklärt sich aus der Eigenschaft der beiden gasfreien Typen, dem Strom nur in einer Richtung den Durchtritt durch die Röhre zu gestatten. Es entsteht also kein Schließungslicht, mithin auch keine Zerstäubung von Metall, wodurch die alten Röhren infolge Gasabsorption zugrunde gingen. Demgemäß bemerken wir bei den gasfreien Röhren auch keine Gelb- oder Braunfärbung (Metallspiegel), sondern bei langem Gebrauch nur eine intensive, über die ganze Röhre sich erstreckende Violettfärbung des Glases.

Verkehrt gerichtete Ströme können nicht entstehen, weil die gasfreien Röhren nur dann für den Strom durchgängig sind, wenn die Glühelektrode Kathode ist, denn nur in diesem Falle kommt es zur Elektronenwanderung zur positiven Anode. Bei positiver Kathode dagegen würde für die Elektronen kein Anlaß für die Wanderung zur Kathode vorliegen. Die Röhre wirkt in diesem Falle also wie eine Ventilröhre, d. h. sie läßt keinen Strom durch. Hieraus ergibt sich ohne weiteres, daß bei Betrieb mit hochgespanntem Wechselstrom nur seine eine Hälfte die Röhre passiert, während die andere unterdrückt wird. Steht also Wechsel-

strom zur Verfügung, so vereinfacht sich die Apparatur wesentlich, da nur die Einschaltung eines Transformators in die Netzspannung erforderlich ist[1]). Diese Art der Erzeugung des Betriebsstromes in Verbindung mit den gasfreien Röhren stellt in der Tat das Idealinstrumentarium der Zukunft dar, bei dem es keine beweglichen und abnutzbaren und die Homogenität der Strahlung unerwünscht beeinflussende Teile wie Gleichrichter oder Unterbrecher gibt.

Während die Lilienfeldröhre, wie wir gesehen haben, drei Stromkreise gebraucht, benötigt die Glühkathodenröhre deren zwei: den die Betriebsspannung liefernden Stromkreis vom Hochspannungstransformator und den von letzterem abgezweigten, zwecks Isolierung zu einem Heiztransformator geführten Heizstrom. Zum besseren Verständnis der Schaltung möge die der Arbeit Lasser entnommene schematische Darstellung dienen (Fig. 2).

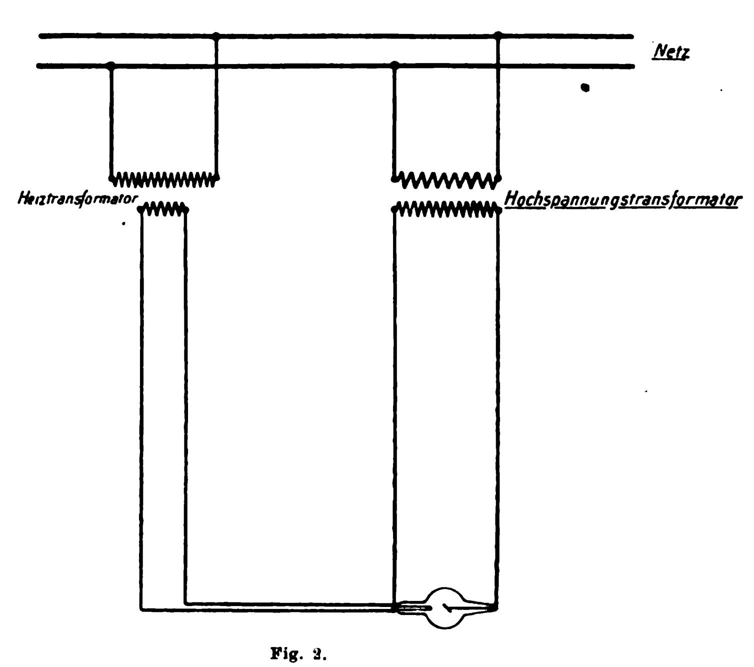


Fig. 2.

Das Ende der Glühkathodenröhre wird wie bei der Lilienfeldröhre durch Defektwerden des Glühdrahtes herbeigeführt, vorausgesetzt, daß nicht schon früher durch unvorhergesehene Zufälle die Röhre unbrauchbar geworden ist. Als solche kommen, wie auch bei allen anderen Typen Durchschlag, Sprung des Glases infolge innerer Spannungen, Abschmelzen innerer Teile u. dgl. in Betracht.

Nachdem im vorstehenden eine kurze, die wichtigsten Eigenschaften der gasfreien Röhren zusammenfassende Übersicht gegeben ist, sollen im folgenden ihre Vorteile für die röntgenologische Praxis besprochen werden.

Die Durchleuchtung.

Die Ausübung der Durchleuchtung mit den alten Röhren, besonders zu internen Zwecken, ist eine Kunst. Je nach den Organen, je nach den pathologischen Prozessen, die man auf dem Leuchtschirm beobachten will, kommen besondere Strahlenqualitäten in Betracht. Fehler in ihrer richtigen Auswahl können zu diagnostischen Irrtümern führen. Bei der Untersuchung der Aorta z. B. kommt es darauf an, ihre Strahlendurchlässigkeit gegenüber dem Herzen, der Wirbelsäule und den sie überquerenden Rippen festzustellen. Eine arteriosklerotisch verdickte Aortenwand erscheint im Schirmbild dunkler, als die erwähnten Vergleichsorgane. Aus der Tiefe des Schattens kann man mit Vorsicht einen Schluß auf den Grad der Wandveränderung ziehen. Benutzt man für diese Untersuchung eine zu harte Röhre, so erscheinen alle Organschatten im Thorax diffus getrübt und grau. Die Diagnose ist also wegen fehlerhaften Röntgenlichtes nicht zu stellen. Analoge Verhältnisse haben wir bei der Lungenspitzendurchleuchtung bei Tuberkuloseverdacht. Hier kommt es auf geringfügige Trübungen

[1]) F. A. Buchholtz, Die Glühkathoden-Röntgenröhre, Prometheus 1916, Nr. 1395, S. 678.

der erkrankten Spitze gegenüber der gesunden an. Nur bei sehr kontrastreichem Röntgenlicht sind solche feinen Unterschiede nachweisbar. Dasselbe gilt von der Lungenuntersuchung auf bronchopneumonische Infiltrate usw. Ferner ist an die Hilusdrüsen zu erinnern. Nur mit bestem kontrastreichem Licht kann man z. B. markige Schwellungen in ihrem ganzen Umfange erkennen. Zu harte Strahlen lassen die Drüsenpakete völlig verschwinden. Ein Projektil, das sich im rechten hinteren Komplementärraume befindet, würde bei Benutzung von Strahlen, die für Hilusdrüsen gerade richtig sind, infolge zu geringer Penetration (Härte) nicht gefunden werden. Diese Beispiele, die sich erheblich vermehren lassen, genügen, um die Wichtigkeit richtiger, für den Einzelfall geeigneter Strahlen hervorzuheben.

Das Anpassen der alten Röhren an diese Anforderungen unter Zuhilfenahme von Reguliervorrichtungen ist recht schwer. Die längere Zeit dauernde Einhaltung des mit Mühe erreichten richtigen Härtegrades ist fast unmöglich, da die Röhre durch den Betrieb heiß und weicher wird. Man hilft sich am besten durch Bereitstellung einer Reihe von Röhren verschiedener Härtegrade, die man je nach dem zu erfüllenden Zweck aussucht, bzw. gegen heißgewordene auswechselt. Sollen die Schirmbefunde Ärzten oder Studenten vorgeführt werden, so kommt es zu recht langdauernden Durchleuchtungen, die an die Röhre und ihre Konstanz sehr erhebliche Anforderungen stellen. Oft muß mitten in der Arbeit abgebrochen werden, da die Röhre in bedrohlicher Weise weich wird. Wie mancher Antikathodenspiegel ist bei solchen Untersuchungen angestochen worden! In vielen Fällen muß sich an die Durchleuchtung sofort die Momentaufnahme anschließen. Je schneller, desto besser, z. B. bei schnell wechselnden Magen- oder Darmbefunden. Nur in den seltensten Fällen eignet sich die Durchleuchtungsröhre auch zur Momentaufnahme, infolgedessen meist ein mit Zeitverlust verbundener Röhrenwechsel nötig wird. Die meisten Untersucher halten sich im Interesse der technischen Erfolge und der Wirtschaftlichkeit Durchleuchtungs- und Momentröhren.

Die Einführung der gasfreien, und besonders der Glühkathodenröhre hat zu einem bedeutenden Aufschwung der Durchleuchtungs- und Momenttechnik geführt. Die leichte Einstellbarkeit des Härtegrades und der Lichtstärke, die dauernde Konstanz, worauf weiter unten zurückgekommen wird, das völlige Fehlen der Gefahr des Umschlagens nach hart oder weich ermöglichen es dem Untersucher, losgelöst von der störenden Röhrenbeobachtung, sich ganz seiner diagnostischen Tätigkeit zu widmen. Alle diese Vorteile sind dem Fehlen der Abhängigkeit von Betriebsspannung und Stromstärke (siehe oben) zu danken. Mit vier Kommandos an den die Röhre bedienenden Gehilfen, „weicher", „härter", „stärkeres Licht", „schwächeres Licht", kann er sich in einigen Sekunden das Strahlenoptimum für den jeweiligen Fall einstellen lassen.

Wir haben uns bei Benutzung der Glühkathodenröhre gewöhnt, die Härte nach den Nummern der Rheostatkurbeln und die Intensität in Milliampere anzugeben. Gibt zum Beispiel bei Thoraxuntersuchungen die bei unseren Apparaten richtige Härte 8 bei 3 M.-A. ein zwar kontrastreiches aber zu schwaches Licht, so wird Härte 8 und 5 M.-A. verlangt. Reicht auch dieses noch nicht aus, so kann bei gleicher Härte 7 Milliampere befohlen werden. Bei Magenuntersuchungen würde Härte 8 nicht genügend durchdringen, wir schalten also Härte 9 und 3 Milliampere ein usw.

Der Durchleuchtung schließt sich sofort die Momentaufnahme an, für die die erforderliche Härte je nach der Körperstärke des Patienten eingestellt wird. Nach vollendeter Aufnahme wird dann ohne Verzug weiter durchleuchtet. Dieser Wechselbetrieb von Durchleuchtung und Momentaufnahmen kann ohne Störung stundenlang fortgesetzt werden, wobei die Aufgaben des Personals durchaus einfache sind. Beobachtung des Milliamperemeters ist dauernd erforderlich, da Schwankungen in der Stromstärke, sofern sie nicht sehr gering sind, auf Störungen der stromliefernden Apparate schließen lassen und sofort gemeldet werden müssen. Bei richtigem Betriebe steht die M.-A.-Nadel fast ganz ruhig. Auf die rechtzeitige Erneuerung des Kühlwassers ist, wenn man nicht konstante Spülung mit Kreiselpumpe benutzt, genau zu

achten. Wir setzen dem Kühlwasser von Zeit zu Zeit Eisstückchen zu und achten peinlich darauf, daß die Temperatur andauernd 0° oder wenig darüber bleibt. Die Glühkathodenröhre scheint im Gegensatz zur Lilienfeldröhre — die man auch mit siedendem Wasser betreiben kann, gegen hohe Temperaturen empfindlich zu sein. Da bei einem solchen Betriebe, in welchem der Beobachter von der Röhrenfürsorge befreit ist, besonders wenn es sich um Demonstrationen handelt, leicht die zulässige Durchleuchtungszeit zum Nachteil der Haut des Patienten überschritten werden kann, ist in unserem Institut das Personal gehalten, nach 5 Minuten abzurufen. Wie auch früher bei Verwendung der alten Röhren benutzen wir stets bei der Durchleuchtung und Momentaufnahme ein $^1/_2$ mm dickes Aluminiumfilter, infolgedessen wir niemals Erytheme oder gar Hautschädigungen haben auftreten sehen.

Es ergibt sich also, daß die gasfreien Röhren einen sehr erheblichen Fortschritt im Sinne der Erleichterung, der Dauerhaftigkeit und der Sicherheit, d. h. der Mechanisierung, des Durchleuchtungsbetriebes bedeuten, ganz abgesehen von der vielleicht später zu erzielenden Verbilligung, auf die noch zurückgekommen werden soll. Die Qualität der Schirmbilder und der Momentaufnahmen steht auf gleicher Stufe mit den Erzeugnissen der alten, richtig ausgewählten Röhre. Es wäre auch kein Grund ersichtlich, warum die gasfreien Röhren bessere Bilder liefern sollten als die alten. Eine Abkürzung der Exposition bei Momentaufnahmen wird in Zukunft vielleicht erreicht werden, da die zur Verfügung stehende Energie um ein mehrfaches die der alten Typen übertrifft. Zurzeit stehen die gashaltigen und gasfreien Röhren in ihren Momentleistungen in gleichem Range.

Die Röntgenaufnahme.

Was über die Qualität der Durchleuchtungsbilder und der Momentaufnahmen gesagt ist, gilt auch für die mit den gasfreien Röhren gemachten Aufnahmen, d. h. die Qualität der Bilder ist durch die neuen Röhren nicht zu verbessern. Dieses liegt nun allerdings nicht an den Röhren, sondern daran, daß die Aufnahmen, in erster Linie die Knochenaufnahmen, bereits eine Vollkommenheit zeigen, die kaum noch zu übertreffen sein dürfte. Diese Güte der Knochenbilder wurde schon in den ersten Jahren der Röntgenära, als man gelernt hatte, mit weichen Röhren und mit Blenden zu arbeiten, erzielt. Nieren-, Lungen- und Herzaufnahmen erreichten wenige Jahre später einen Höhepunkt, über den sie zurzeit noch nicht hinausgekommen sind. Der Unterschied zwischen jenen Jahren und der Gegenwart liegt lediglich darin, daß jetzt solche guten Bilder die Regel sind, während sie früher als besondere Leistungen bewundert wurden und an den Besitz vieler möglichst frischer und vorzüglicher Röhren gebunden waren. Auf diesem Wege zur Verallgemeinerung der guten Ergebnisse und zur Erleichterung der Arbeit stellen die gasfreien Röhren den neuesten Fortschritt dar. Besucht man ein großes Institut alten Stils, so imponiert die stattliche Reihe wohlassortierter Röhren, aus denen für den jeweiligen Zweck das richtige Exemplar ausgewählt wird. Man spricht von Handröhren, Nierenröhren, Schädelröhren, Zahnröhren usw. In Betrieben mit gasfreien Röhren finden wir nur eine Röhre, mit der sämtliche Aufnahmen, und seien sie noch so zahlreich, gemacht werden.

Die Haltbarkeit und die Möglichkeit, den erforderlichen Härtegrad genau einstellen zu können, erlauben die so überraschend wirkende Vereinfachung des Betriebes. Eine einschränkende Bemerkung muß indessen hier gemacht werden. Die neuen Röhren sind auch nur aus Glas. Wie schon oben erwähnt, kann durch innere Spannungen ein vorzeitiges Ende der Röhre eintreten. Auch die Lötstellen der inneren Metallteile (Kathode) können defekt werden u. a. m. Diese Schädigungen treffen aber nicht das Prinzip der Röhre und werden bei fortschreitender Erfahrung der Fabrikanten vermieden werden.

Die leichte Einstellbarkeit des Härtegrades ermöglicht die Aufstellung von Expositionstabellen, nach denen das die Aufnahme machende Personal ohne weiteres verfahren kann. Eine

solche Tabelle enthält z. B. bei der Lilienfeldröhre für jeden Körperteil den am Zündstromwiderstand einzuschaltenden Härtegrad, die Belastung in Milliampere, den Abstand und die Expositionszeit. Bei besonders dicken oder dünnen Körperteilen kann eine entsprechende geringe Änderung der Vorschriften eintreten.

Wir haben es als praktisch befunden, alle Aufnahmen mit einer Belastung von 8 M.-A. zu machen. Da der Fokus-Plattenabstand bei der Kompressionsblende durch diese selbst bedingt ist, so bedarf es nur der Einstellung des erforderlichen Härtegrades und der Wahl der richtigen Expositionszeit, um ein gutes Bild zu erzielen. Man hat nach kurzer Zeit die Nummern des Zündstromwiderstandes für die Härte im Kopfe und kann bald auf die Tabellen verzichten.

Die Kühlung der Lilienfeldröhre durch eine Kreiselpumpe befreit den Untersucher von der bei den alten Röhren im lebhaften Betriebe erforderlichen Auswechselung des Kühlwassers.

Da die Röhre nicht fluoresziert, man also aus ihrem äußeren Verhalten keine Schlüsse ziehen kann, so liegt das einzige Kriterium für den tadellosen Gang im Milliamperemeter. Steht die Nadel möglichst regungslos auf dem richtigen Teilstrich, so kann man einer guten Strahlung sicher sein. Ein Schwanken der Nadel zeigt Störungen der stromliefernden Apparate an. Wir haben auch im Zündstromkreis ein Milliamperemeter eingeschaltet. Der durch den Widerstand gehende Strom beträgt bei 10 Milliampere Gesamtbetriebsstrom etwa 2 Milliampere, also 8 Milliampere für die Röhre. Ein Ansteigen der Milliamperezahl im Zündstromkreis läßt auf Störungen im Hochspannungswiderstand, z. B. Defektwerden der Stäbe u. dgl. schließen.

Genau so einfach und erfolgreich ist die Aufnahmetechnik mit der Glühkathodenröhre. An Stelle der Zündstromregulierung tritt die Abstufung des Heizstromes. Auch hier lassen sich Expositionstabellen für die einzelnen Körperteile aufstellen.

Die Tatsache, daß die Röhrenstromstärke (M.A.Intensität) bei Veränderung der Spannung (Härtegrad) konstant bleibt, vereinfacht die Technik bedeutend. Hat man z. B. für eine Hüftgelenksaufnahme den richtigen Härtegrad festgestellt, so kann man die Intensität (Heizstromstärke) je nach der Dicke des Individuums abstufen und wird dann jedesmal Bilder von ungefähr gleicher Qualität erzielen. Allerdings wird die Verschleierung der Platten bei dicken Körperteilen, durch die im Gewebe entstehenden Sekundärstrahlen nicht aufgehoben. Die Ansicht, daß bei Benutzung der gasfreien Röhren Blenden entbehrlich seien, besteht nach meinen Erfahrungen nicht zu Recht. Wenn auch die das Bild schädigenden Glasstrahlen infolge des Fehlens sekundärer Röntgenstrahlen nicht auftreten, so verschleiern doch die im Körper entstehenden Sekundärstrahlen die Platten. Diese Schädigung kann man durch geeignete Blenden, die das exakte Herausstechen einer bestimmten Körperpartie ermöglichen, vermeiden. Von dem Nutzen, welchen das Festlegen, sowie die genaue Zentrierung der Körperteile durch geeignete Tuben oder Zylinder gewährt, soll an dieser Stelle nicht geredet werden. Man kann sich im übrigen schon auf dem Leuchtschirm von der Wirkung der Blenden leicht überzeugen.

Tiefentherapie.

Große Intensität bei bedeutender Härte und erhebliche Homogenität der Strahlen sind neben zuverlässiger Konstanz und beträchtlicher Lebensdauer die Hauptanforderungen, die man an eine gute Therapieröhre stellen muß. Es ist zuzugeben, daß zahlreiche Typen der gashaltigen Röhren diesen Bedingungen bis zu einem hohen Grade entsprechen, anderenfalls wäre eine so erfreuliche Entwicklung der Tiefentherapie, wie wir sie in den vergangenen Jahren erlebten, nicht möglich gewesen. Daß trotzdem die Tiefentherapie noch nicht die allgemeine Anwendung findet, die sie ohne Zweifel verdient, liegt an der Schwierigkeit der Technik.

Mit der Einführung der gasfreien Röhren haben wir den bedeutenden Fortschritt zu verzeichnen, daß an Stelle der schwer erlernbaren Kunst der Röhrenbehandlung nunmehr ein technisches Verfahren tritt, das unabhängig von Zufällen oder Ungeschicklichkeiten, fast automatisch arbeitet. Von den zahllosen Verbrennungen der vergangenen Jahre ist ein gewisser Prozentsatz sicher nicht dem Therapeuten allein anzurechnen. Viele dieser Unglücksfälle beruhen auf der Unzuverlässigkeit des Röhrenmaterials, d. h. auf plötzlich eintretenden und nicht immer mit Sicherheit rechtzeitig zu erkennenden Qualitätsänderungen der Strahlen. Wenn die gasfreien Röhren uns von diesen verhängnisvollen Zufälligkeiten befreien, werden die Verbrennungen wesentlich seltener werden.

Mit der Lilienfeldröhre sind erheblich größere Lichtintensitäten als mit den gashaltigen Röhren zu erzielen, da die gesamten Kathodenstrahlen auf der Antikathode auftreffen, was nur zum Teil bei den alten Röhren der Fall war. Die nutzbare Röntgenlichtmenge ist also proportional der aufgewandten Stromstärke. Der Grund hierfür liegt in der oben beschriebenen besonderen Konstruktion der Kathode und ihrer Stellung zur Anode. Hiermit stehen die Versuche von Holzknecht[1]) im Einklang, der eine Verdoppelung und Verdreifachung der bisherigen Effekte experimentell nachwies.

Die Lilienfeldröhre läßt bei Härten von 10—12 We. im Gleichrichterbetrieb Belastungen bis zu 20 Milliampere zu. Im Dauerbetrieb sind bei mittlerer Härte und voller Impulszahl 10—15 Milliampere möglich, ohne daß die Qualität der Strahlen sich ändert oder die Röhre geschädigt wird. Bei größter Härte von 12 We. und 30 cm paralleler Funkenstrecke erlaubt die Röhre eine Dauerbelastung mit 10 Milliampere. Bei Benutzung von Induktoren läßt sich ebenso wie bei den gashaltigen Röhren die maximale Belastungsfähigkeit bei konstantem Härtegrade nicht über 3—4 Milliampere steigern. Im Interesse der Strahlenhärte wird in der Tiefentherapie zurzeit der Induktorenbetrieb der hohen Scheitelwerte, der kurzzeitigen Entladungen und großen Strompausen wegen dem Gleichrichter mit seinen langdauernden Impulsen und niedrigen Scheitelwerten vorgezogen. Eine Lilienfeldröhre mit geradliniger Achse kann ohne Durchschlagsgefahr dauernd 35 cm parallele Schlagweite aushalten. Dieses bedeutet eine Härte von mindestens 10—12 We.

Während die gashaltigen Röhren nur mit Mühe auf ähnlich hohen Härtegraden bei einer Maximalbelastung von 3—4 Milliampere dauernd gehalten werden können, ändert sich der Härtegrad der Lilienfeldröhre, gleiche Belastung und Zuverlässigkeit der stromliefernden Apparate vorausgesetzt, weder im Induktorbetrieb bei 3—4 Milliampere noch im Gleichrichterbetrieb bei Belastungen bis zu 20 Milliampere. Ein Umschlagen der Röhre nach weich oder hart existiert nicht, somit ist der Gebraucher von jeglicher Prüfung der Röhre während des Betriebes befreit[2]). Die Möglichkeit, den Härtegrad der Röhre je nach dem zu erfüllenden Zweck abstufen zu können, ist therapeutisch von Bedeutung. Diese Härteregulierung durch Zündstromänderung geht so weit, daß man mit derselben Röhre ein weiches Strahlengemisch von wenigen Zentimetern paralleler Schlagweite und sofort darauf äußerst harte Strahlen von 35 cm erzielen kann. Eine Auswechslung der Röhren zur Erreichung verschiedener therapeutischer Zwecke kommt also nicht in Betracht.

Es steht im Prinzip nichts im Wege, den ganzen diagnostischen und therapeutischen Betrieb eines Institutes mit ein und derselben Röhre zu erledigen. In der Praxis wird man indessen besser tun, nicht alles auf dem Besitz einer Röhre aufzubauen, sondern sich unvorhergesehener Unfälle wegen mehrere zu halten.

---

[1]) Münchner med. Wochenschrift 1915, Nr. 25, S. 837—841.

[2]) In manchem Prozeß wegen Röntgenschädigung hat sich der Beklagte dadurch ins Unrecht gesetzt, daß er das Bestrahlungszimmer verließ. Unterdessen änderte sich durch Erhitzung das Vakuum, die Röhre wurde andauernd weicher und die Verbrennung war geschehen. Derartige Zufälle können bei der Lilienfeldröhre nicht vorkommen.

Die praktisch wichtigste Eigenschaft, durch die sich die Lilienfeldröhre zur Therapie so hervorragend eignet, ist die Konstanz der Intensität und Durchdringungsfähigkeit.

Der Beweis für die Konstanz der Strahlung ist nach Wachtel dann erbracht, wenn die Röhre während der ganzen Zeit der therapeutischen Bestrahlung dieselbe Strahlenqualität gibt und wenn sie ferner bei derselben Einschaltung stets dieselben Strahlen aussendet.

Um diesen Nachweis mit der Ebenholztreppe und der Selenzelle nach Holzknecht, Weissenberg und Mayer zu liefern, ließ ich die Lilienfeldröhre ununterbrochen $9^1/_2$ Minuten mit der gleichen Schaltung (2 M.A. $9^1/_2$ B. $12^1/_4$ We.), also ohne zwischen den einzelnen Messungen auszuschalten, laufen. Die erste Messung (A. a.) fand in Beginn dieser Zeit, die zweite und dritte (A. b., A. c.) nach je 2 Minuten Betrieb und die vierte (A. d.) nach 1 Minute statt.

Lilienfeld-Therapieröhre Nr. 137. Kurven (Ebenholztreppe) aufgenommen, nachdem Röhre und Unterbrecher sich 10 Minuten lang eingelaufen hatten. Abstand: Fokus/Zelle 29 cm. 2 M.A. $9^1/_2$ Bauer, $12^1/_4$ We. ohne Filter.

	cm:	10	8	6	4	2	0		
A	a	4	5,75	8	12	17	26,5	Anfangsmessung F	
									2 Minuten Pause
	b	4	5	7,25	10,25	16	25,5	nach $3^1/_2$ Minuten	
									2 Minuten Pause
	c	3,75	5	6,75	9,5	15	23,5	nach 7 Minuten	
									1 Minute Pause
	d	3,75	4,5	7	11	16,5	24	nach $9^1/_2$ Minuten	

15 Minuten Pause

B	a	4,25	5,75	8,25	12,75	18,75	27	Anfangsmessung F	
									2 Minuten Pause
	b	4	5	8	12	16,75	26	nach $3^1/_2$ Minuten	
									2 Minuten Pause
	c	3,75	5	7,5	11	17,25	25	nach 7 Minuten	
									1 Minute Pause
	d	4	5	7,5	10,5	17	25	nach $9^1/_2$ Minuten	

25 Minuten Pause

C	4	5,75	8,75	11,75	17,5	26,5		F

20 Minuten Pause

D	4	6	8,5	12,5	17,5	25		F

18 Stunden Pause

E	5,75	8	10,75	15	20	30	1,5 M.A. 9,8 Bauer 13 We.	F

Jede Messung nahm ca. $1^1/_2$ Minuten in Anspruch. Während der Zeit, in der nicht gemessen wurde, überdeckte ich die Ebenholztreppe und die Selenzelle mit einer großen, dicken Bleiplatte. Hierauf folgte eine Pause des Betriebes von 15 Minuten und nun wurde der Versuch wiederholt B.

Versuch B wurde genau wie A ausgeführt. Nach weiteren 25 Minuten Pause wurde noch einmal gemessen C. Alsdann nach 20 Minuten nochmals D und schließlich nach 18 Stunden, am Morgen nach den Versuchen, zum letztenmal E.

Betrachten wir nun zunächst A. a. und E, so ergibt sich bei diesen Messungen als größte Intensität 26,5 F resp. 30 F. Es deckt sich dieses mit der Beobachtung, daß nach langen Pausen z. B. nach der Nacht, die F-Zahl stets am größten ist, um dann im Betrieb langsam herunter zu gehen (Ermüdungserscheinung der Zelle).

Betrachtet man von Messung A. a. und E abgesehen die Intensität unter 0 cm Ebenholz, so variiert sie zwischen 27 F und 23,5 F, also eine Differenz von 3,5 F. Nimmt man das Verhältnis von F : X = 6 : 1 an, so wäre die Differenz rund 0,6 X. Nach meinen Versuchen ist das Verhältnis bei harten Strahlen von der Qualität We. 12 von F : X = 12 : 1, die Differenz wäre also rund 0,3 X. Diese Größe hat praktisch keine Bedeutung, kann also wohl vernachlässigt werden.

Die Intensität unter 10 cm Ebenholz variiert zwischen 4 und 3,75 F, also Differenz 0,25 F. D. h. in X ausgedrückt rund 0,04 oder 0,02 X, was natürlich praktisch ebenfalls nicht in Betracht kommt. Man kann also unter Berücksichtigung sämtlicher 6 Versuche die Konstanz wohl als praktisch ausreichend bezeichnen.

Das gleiche dürfte von der Homogenität zu sagen sein. Sämtliche nach diesen Zahlen in den Weissenbergschen log. Raster eingetragenen Kurven sind annähernd geradlinige, zum Teil sogar sich deckende Linien. Die Christensche Heterogenitätszahl $\frac{a^2}{a^1}$ liegt bei allen Messungen zwischen 1 und 1,2 [1]).

Auch die Anforderung, daß bei jedesmaligem Einschalten dieselbe Strahlung resultieren muß, ist ausreichend erfüllt, wie sich aus den Versuchen mit verschieden langen Pausen ergibt.

Die geringen Abweichungen sind auf Betriebsschwankungen oder Messungsfehler und Ermüdungserscheinungen des Selens zurückzubeziehen. Jedenfalls können sie m. E. nicht der Röhre zur Last gelegt werden.

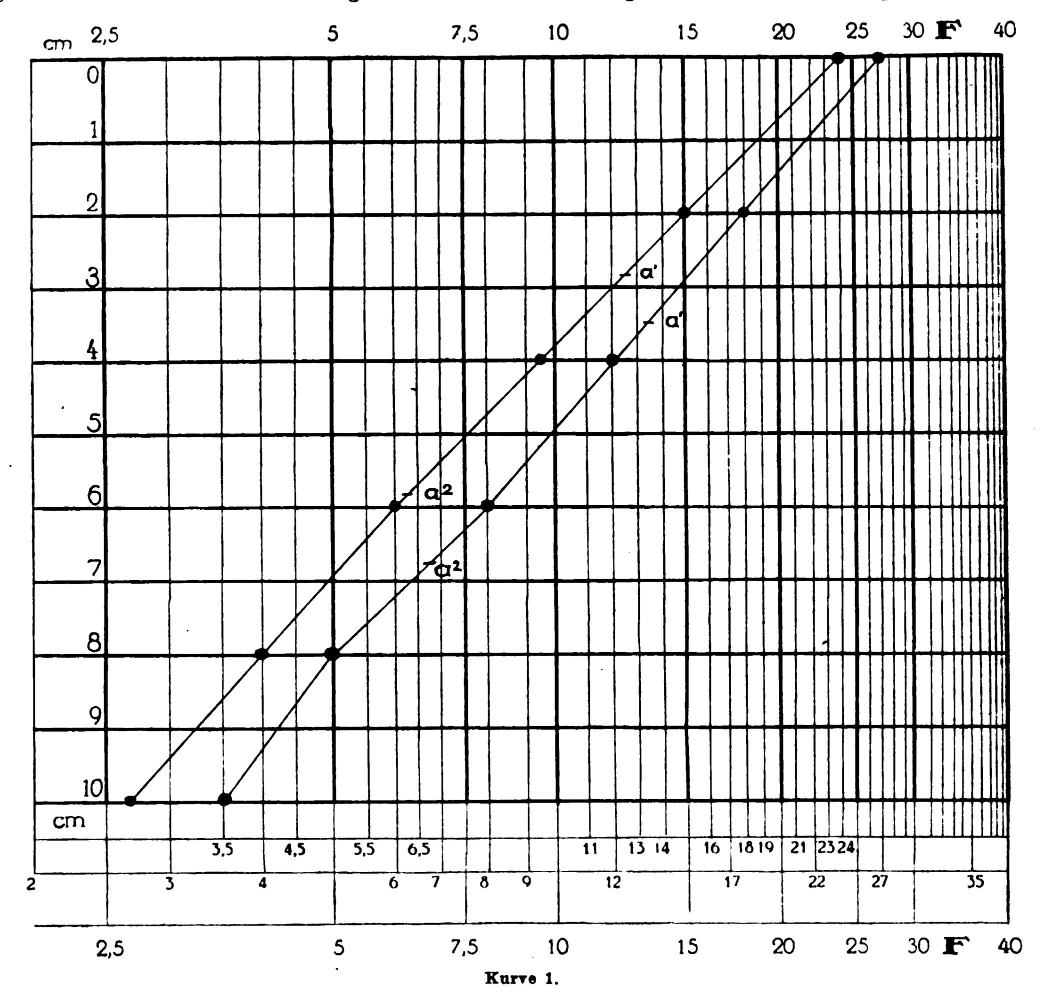
Trotz dieser experimentellen Ergebnisse wird man bisweilen größere als vorstehend angegebene Schwankungen der F-Zahlen bemerken. Ich habe Aufzeichnungen der mit dem Fürstenauschen Intensimeter gemessenen F.-Zahlen vor Beginn der therapeutischen Bestrahlungen und, nachdem die Arbeit stundenlang gedauert hatte, am Schluß des Tagesbetriebes machen lassen. Es haben sich hierbei voneinander stark abweichende Resultate herausgestellt. Vom völlig gleichen Ausschlag bis zu Unterschieden von 10—12 F., also ca. 0 bis 1 x Kienböck, kamen bei scheinbar gleicher Belastung und gleicher Unterbrechungszahl alle Stufen vor. Anfangs wurden infolge dieser Ergebnisse Zweifel an der Konstanz des Rohres oder an der Richtigkeit der beschriebenen Messungen laut, es stellte sich aber

---

[1]) Christen bestimmt die Heterogenität, indem er bei 50% die Horizontale bis zur Kurve zieht. Dieses ist die erste Halbwertschicht ($a1$). Dasselbe bei 25% liefert die zweite Halbwertschicht ($a2$). Wenn man die beiden Größen durch einander dividiert, so bekommt man die Heterogenität $\frac{a^2}{a^1}$. Die Heterogenität wird also durch eine Zahl ausgedrückt. Nach Christen lag die Heterogenität der alten Röhren bisher bei 2. (Christen: Diskussionsbemerkungen zum Vortrag Lasser, gehalten in der Berliner medizinischen Gesellschaft zu Berlin am 26. Januar 1916; vgl. auch Berliner klin. Wochenschrift 1916, Nr. 12 und 13.)

heraus, daß die Schuld am ungleichmäßigen Gang der Gasunterbrecher lag.[1]) Bei anstrengender Benutzung verschmutzen die Unterbrecher schnell, was sich an der geringeren Milliamperezahl ebenso wie am Herabgehen der F.-Zahlen bemerkbar macht.[2]) Neben der durch das Gas bedingten Verunreinigung trägt auch die Abnutzung der Segmente des Unterbrechers, ferner

[1]) Wie sehr die Kurve von dem Gang des Unterbrechers beeinflußt wird, zeigt nebenstehendes Diagramm. Die bei 0 cm 27 F. zeigende Kurve ist bei langsameren Unterbrechungen als die neben



Kurve 1.

ihr stehende aufgenommen worden. Es ergibt sich Zunahme der Intensität und der Härte (Halbwertschicht).

[2]) Das Hamburger Gas, welchem zu einem beträchtlichen Teil das der Neuengammer Erdgasquelle zugesetzt wird, hat sich als besonders schlecht für Gasunterbrecher erwiesen, da massenhaft schwarzes Pulver ausgeschieden wird. Dieses besteht in seiner Hauptmenge aus metallischem, zum Teil sehr fein verteiltem Quecksilber. Es enthält daneben Kohlenstoff, Kupfer, Eisen, Aluminium, Magnesium, Kalzium, Schwefelsäure, Kieselsäure, Spuren Alkalien, ferner in Äther lösliche ölig-harzige Substanzen. Sulfidschwefel bzw. Schwefelquecksilber war nicht nachweisbar. Die schwarze Farbe rührt von Kohlenstoff her. Beim Hindurchschlagen kräftiger elektrischer Funken durch das im Unterbrecher benutzte Gas zeigte sich eine stärkere Kohleabscheidung als bei dem der Gasanstalt entnommenen unvermischten Gas. Die Zersetzung des Gases unter Kohleabscheidung ist offenbar auf den hohen Gehalt des zugesetzten Neuengammer Gases an Methan zurückzuführen, von dem eine Zersetzbarkeit durch elektrische Funken unter Kohleabscheidung bekannt ist. Die Nachteile des Hamburger Gases veranlaßten uns zur Einführung von Blaugas. Wenn auch die Verschmutzung der Unterbrecher geringer geworden ist, so konnte ein dauernd fehlerfreies Arbeiten nicht erzielt werden. Häufige Reinigungen sind bei unserem starken Betriebe unbedingt erforderlich. (Aus dem Gutachten des chemischen Staatslaboratorium Hamburg, 28. X. 1915. Tgb. Nr. 687, 1915. Prot. E. 6, Nr. 506.)

der Wechsel der Temperatur des Quecksilbers zur Herabsetzung der Konstanz bei. Wie Holzknecht l. c. hervorhebt, ist die tadellose Pflege der Unterbrecher eine unerläßliche Bedingung für einen guten und gleichmäßigen Lilienfeldbetrieb.

Die verhältnismäßig geringen Konstanzschwankungen, wenn solche wirklich vorhanden sind und nicht durch die stromliefernden Apparate vorgetäuscht werden und die im Mittel 3—4 F. betragen, kommen indessen praktisch nicht in Betracht, da sie unter einem X bleiben, dennoch wird es erforderlich sein, einen absolut konstanten Röhrenbetrieb zu erstreben. Dieses wird, wie schon gesagt, voraussichtlich nur auf dem Wege des reinen Transformatorenbetriebes mit hochgespanntem Wechselstrom bei Vermeidung aller bewegten Teile oder mit hochgespanntem Gleichstrom, wie solcher von Siemens & Halske zum Betrieb des Glühkathodenrohr bereits benutzt wird, zu erreichen sein.

Von großer Wichtigkeit ist ferner die Frage der Homogenität der von der Lilienfeldröhre gelieferten Strahlung.

Hierzu ist zunächst zu bemerken, daß es ein absolut homogenes Licht wegen der Eigenstrahlung der Spiegel und Glaswände, sowie wegen der Eigen- und Streustrahlungen der Filter überhaupt nicht geben kann. Diese Faktoren können indessen in der Medizin, als praktisch nicht in Betracht kommend, vernachlässigt werden. Man ist vielmehr berechtigt eine Strahlung, welche hinter 1—1,5 mm Al. homogen erscheint, als praktisch homogen zu bezeichnen. Von diesen Voraussetzungen aus ist das über die Homogenität im folgenden Gesagte zu beurteilen.

Da die Homogenität der Strahlung von der Kurvenform der Betriebshochspannung abhängt, so führte Lilienfeld zwischen Kathode und Glühlampe liegende Homogenisierungswiderstände ein, um die niedrigen Spannungswerte zu unterdrücken und vorwiegend die in der Nähe der Scheitelwerte liegenden Kurventeile zu benutzen. Über die Wirkungsweise dieses Homogenisierungswiderstandes entnehme ich einer Korrespondenz mit Koch das folgende: „Die niedriggespannten Teile der Wechselstromkurve fließen über diesen Widerstand sowie im Anschluß daran über den Hochspannungszweigwiderstand ab, während die hochgespannten Teile der Kurve sich den Weg durch die Röhre bahnen. Je größer die Leitfähigkeit des Homogenisierungswiderstandes, der aus beliebig vielen Stäben bestehen kann, ist, desto größere Teile der Kurve gehen über ihn weg und desto homogeneres Licht erhält man infolgedessen in der Röhre."

Die Lilienfeldröhre sendet in der Tat eine praktisch als homogen zu bezeichnende Strahlung aus. Es ergibt sich dieses sowohl aus der theoretischen Erwähnung (Homogenisierungswiderstand) als auch aus den von L. Heidenhain (Worms) und später von mir aufgenommenen Absorptionskurven.

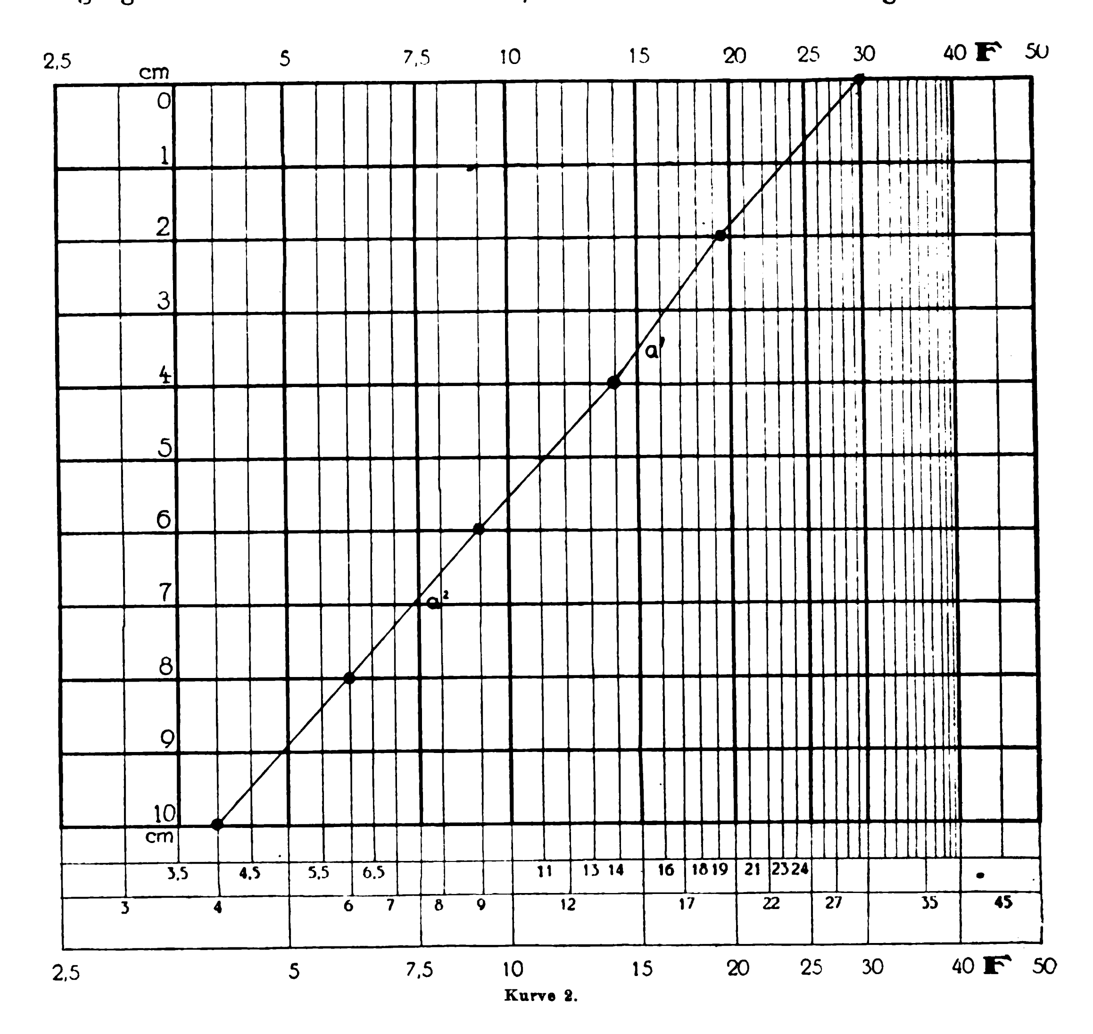
Heidenhain hat mir mitgeteilt, daß nach seinen Kurven (Verfahren Holzknecht, Weissenberg und Mayer) für therapeutische Zwecke die Lilienfeldröhre eine fast gerade Linie gibt, und daß die Christensche Heterogenitätszahl nahezu 1 ist.

Wachtel, dem wir wichtige Konstanz und Homogenitätsuntersuchungen bei der gashaltigen Röhre verdanken, hat sich (siehe diese Nr. der Fortschritte) ebenfalls mit der Lilienfeldröhre beschäftigt, wobei er allerdings zu unbefriedigenden Ergebnissen bezügl. Konstanz und Homogenität gekommen ist.

Der Verlauf der von mir aufgenommenen Kurven, von denen hier ein Beispiel für viele wiedergegeben wird, ist fast durchweg gradlinig (s. Kurve 2, S. 438). Die Christenschen Heterogenitätszahlen können auch nach meinen Versuchen beim Lilienfeldrohr für Tiefentherapie = 1. eingestellt werden. In der Tat schwanken die Werte meiner sämtlichen Kurven zwischen 1 und 1,3. Die geringen Abweichungen von der gradlinigen Form liegen innerhalb der Fehlergrenzen. Auch mit Sekundärstrahleneffekten, die an sich schon Abweichungen bedingen können, hat man zu rechnen.

Aus den Kurven ergeben sich außerdem noch zwei allgemeine Folgerungen:

1. daß das Selen brauchbare Resultate ergibt, so lange man keine Vergleiche zwischen verschiedenen Betrieben zu machen hat, daß es also für die tägliche Praxis durchaus empfehlenswert ist.
2. daß im Betrieb des St. Georger Röntgeninstitutes die Röhren, wie sich aus dem Neigungswinkel der Kurven ersehen läßt, noch nicht ad maximum ausgenutzt werden.



Kurve 2.

Der Neigungswinkel zeigt eindeutig die Größe der Halbwertschicht an (im vorliegenden Fall für Ebenholz) und somit die Härte der homogenen Strahlung. Wie sich aus den Diagrammen ergibt, liegt in meinem Betriebe die Halbwertschicht für Ebenholz um 3,5 cm herum. Für menschliche Gewebe ist die Zahl mit $\frac{5}{7}$ zu multiplizieren, was rund 2,5 cm ergibt. Ein steilerer Verlauf der Kurve und damit größere Halbwertschicht, also härtere Strahlung ist durch Anwendung größerer Schlagweiten erreichbar. Ob diese Strahlen therapeutisch erforderlich sind, muß abgewartet werden. Die therapeutischen Ergebnisse, welche ich mit der beschriebenen Strahlung erziele, sind gute, was indessen die Möglichkeit nicht ausschließt, daß das Strahlenoptimum bezüglich biologischer Wirkung von mir noch nicht völlig erreicht worden ist. Versuche in dieser Richtung sind in Angriff genommen.

Die harten praktisch homogenen Strahlen und ihre Konstanz bringen der röntgentherapeutischen Technik zwei Vorteile: Zunächst die Vermeidung dicker Filter (vielleicht bei weiterer Vervollkommnung, der Filter überhaupt) und damit einen wesentlichen Intensitätsgewinn, da

selbst die härtesten Strahlen durch Filter sehr geschwächt werden, sodann ein wesentlich vereinfachtes Dosierungsverfahren. Durch einige Versuche läßt sich leicht feststellen, wieviel Sabouraud, x oder F. die Röhre bei einer bestimmten Belastung, Härteeinstellung und Abstand in der Zeiteinheit gibt. Man kann also eine mit den gashaltigen Typen schon angestrebte, aber nicht erreichte, zuverlässige Eichung der Röhre vornehmen. Da wir für die Praxis genügend genau wissen, welche Art und Menge von Strahlen unter bestimmten bekannten Betriebsverhältnissen gegeben werden, so erfolgt die Dosierung allein nach Zeit. Dieses bedeutet eine Arbeitsentlastung, da jede Dosierung mit Kienböckstreifen, Sabouraudtabletten u. dergl. fortfällt und man außerdem von dem Gefühl der Unsicherheit, das die alten Methoden mit sich brachten, befreit ist. In der Vereinfachung der Röntgentherapie ist somit ein wesentlicher Fortschritt zu verzeichnen.

Da nun aber ohne Zweifel beträchtliche Zeit bis zur völligen Einführung der gasfreien Röhren in der Therapie vergehen wird, so sollte man bis auf weiteres nach wie vor die applizierte Dosis nach Sabouraud, H., x oder F. angeben.

Nachdem das vervollkommnete Fürstenausche Intensimeter in der Röntgenliteratur anerkannt worden ist, habe ich dasselbe im Röntgeninstitut des Krankenhauses St. Georg in Hamburg eingeführt und mit großem Erfolge bis zum heutigen Tage benutzt. Das Intensimeter in Verbindung mit dem Schieberlineal zur Feststellung des Härtegrades der Röhre aus der Absorption durch 1 mm Aluminium ist ein weiterer Schritt auf dem Wege der Mechanisierung der Röntgenstrahlentherapie.

Ich werde im folgenden meine Technik der Tiefentherapie mit Lilienfeldröhren unter Beifügung und Erklärung des Protokolls beschreiben.

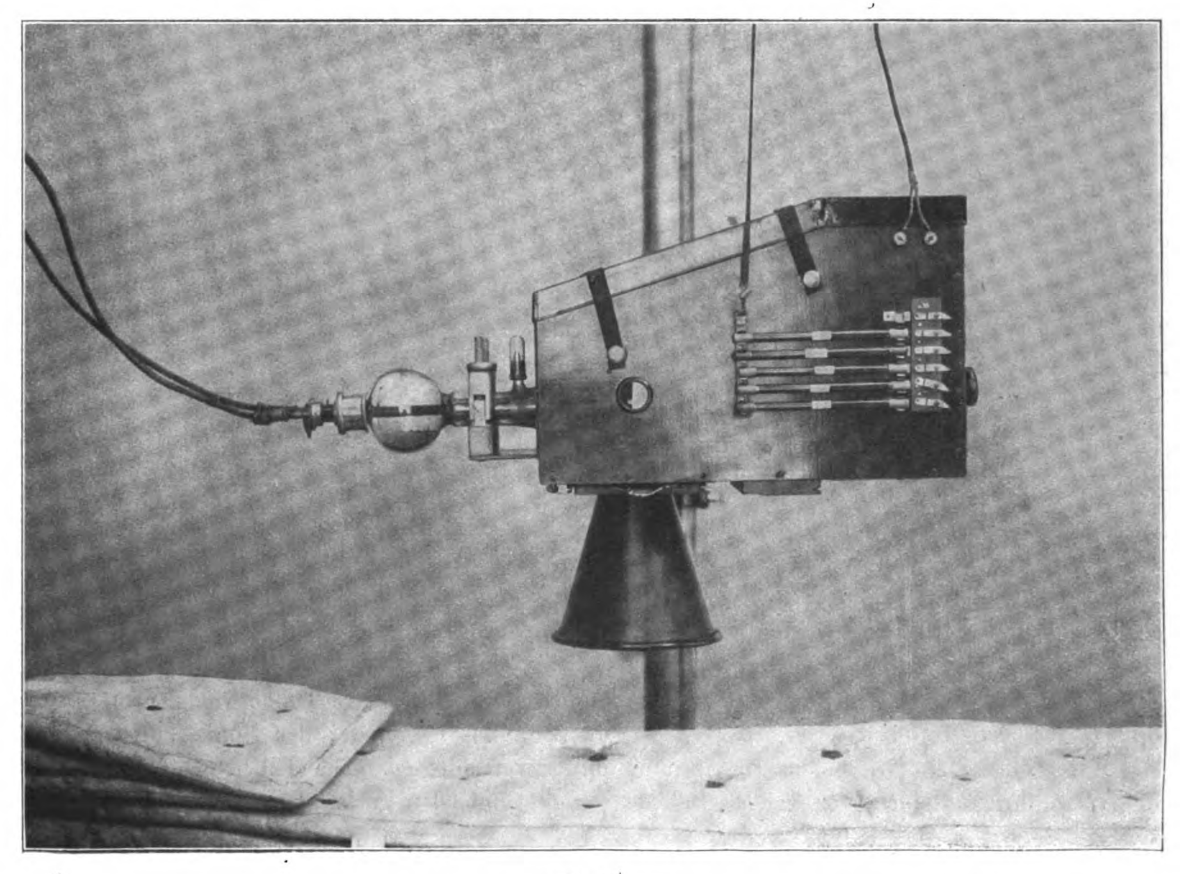


Fig. 3.

Die Bestrahlung findet in zwei Einzelboxen statt. Jede Box ist mit einer vollständigen Lilienfeldeinrichtung ausgestattet.

Die Hochspannungs- und Homogenisierungswiderstände hängen an den Wänden der Boxen. Die Heiztransformatoren, Induktoren und Unterbrecher stehen über Kopfhöhe auf Konsolen. Die Kreiselpumpen hängen von der Decke herunter. Milliamperemeter und Bauersche Qualimeter befinden sich, leicht ablesbar, außerhalb der Boxen, in der Nähe der Regulierwiderstände, also an einem vollständig strahlensicheren Platz. Hier ist auch das Fürstenausche Intensimeter und der Härtemesser aufgestellt. Mittels langer Leitungsschnur kann die Selenzelle in jeder Box beliebig benutzt werden. Die Wechselstrommaschine zur Betätigung der Glühkathode steht im Interesse der Ruhe außerhalb des Bestrahlungsraumes. Während der Behandlung werden die Türen der Boxen geschlossen. Die Beobachtung der Röhre und des Patienten geschieht durch Bleiglasfenster.

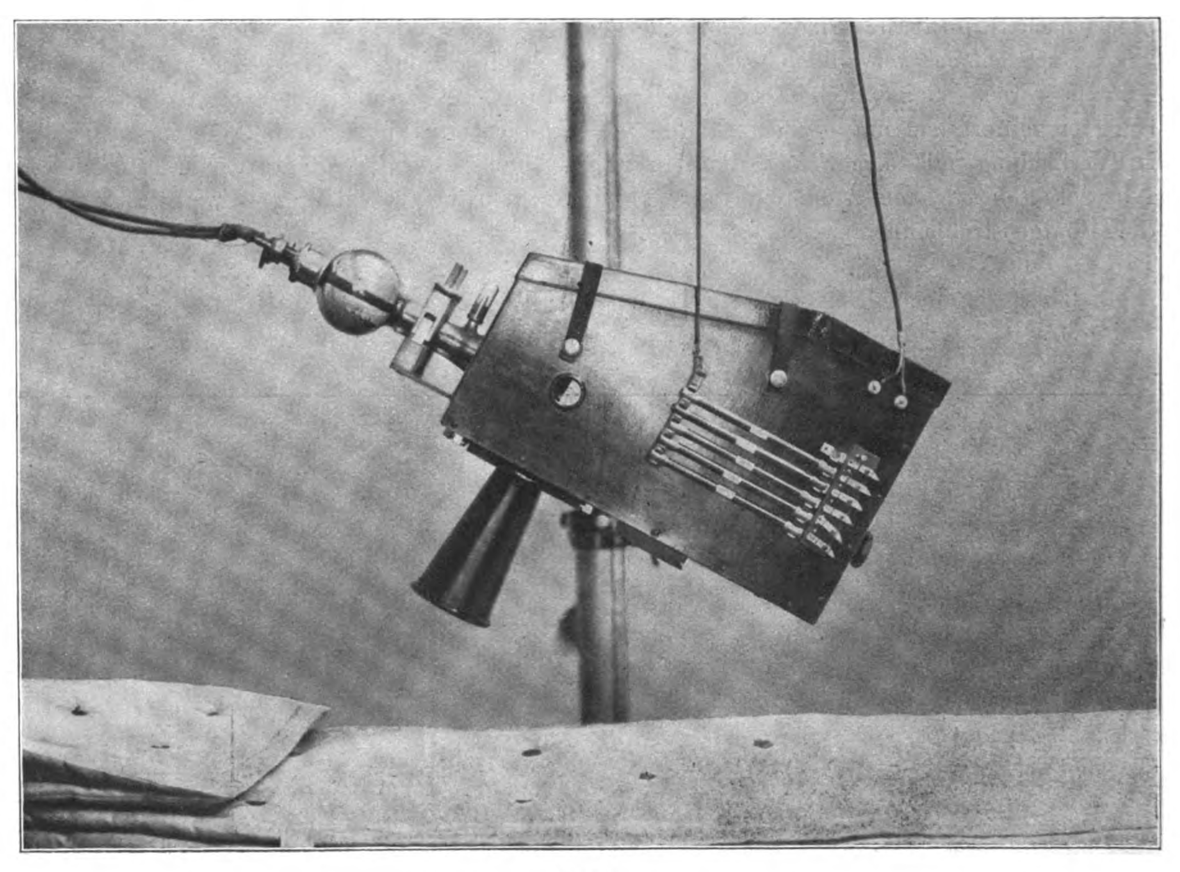


Fig. 4.

Die Patienten liegen auf einem mit Matratze versehenen Tisch[1]), dessen Platte sich, ähnlich wie beim Trochoskop, beliebig verschieben läßt.

Die Lilienfeldröhre befindet sich in einem mit Antix ausgekleideten Kasten, auf einem in jeder gewünschten Richtung verstellbaren Stativ[2]) (Fig. 3 u. 4).

Zur Antikathode zentriert lassen sich in die Röhrenschutzkästen Tuben von 20 cm Länge und verschiedenen Durchmesser einschieben. Jeder Tubus ist an der der Röhre zugewandten Seite fest mit einem 3 mm starken Aluminiumfilter verschlossen. Die Tuben werden je nach der Weite ihrer unteren Öffnung der Größe des zu bestrahlenden Feldes entsprechend ausgesucht.

[1]) Hergestellt durch Richard Seifert & Co., Hamburg.

[2]) Hergestellt durch Koch & Sterzel, Dresden.

Bei leicht aufgesetztem Tubus beträgt die Fokushautdistanz stets 30 cm. Mit Pinsel und Karbolfuchsin wird auf der Haut die aufgesetzte Tubusöffnung umzogen, so daß bei Vielfelderbestrahlung eine ungewollte Doppelbestrahlung sicher vermieden wird. Da, außer durch die Tuben, Strahlen aus den Kästen nicht austreten können, so entfällt jede Abdeckung zum Schutz der nicht zu bestrahlenden Körperteile.

Über die im Institut eingeführten Maximaldosen bemerke ich, daß ich nach wie vor auf dem Standpunkt der mittleren Dosen stehe, da die guten von uns erreichten therapeutischen Ergebnisse keine Massendosen angezeigt erscheinen lassen.

Maximaldosis (für eine Serie von drei Bestrahlungen zu je 6 Minuten).

(Erythemgrenze.)

Bei Verabfolgung dieser Dosen wird man stets etwas unter der Erythemdosis bleiben.

a) Unfiltriert:

5— 7 Wehnelt: $^3/_4$ S.N. = ca. 7,5 x = 50 F.
10—12 Wehnelt: $1^1/_2$ S.N. = ca. 27 x = 180 F.

b) Filtriert:

10—12 Wehnelt u. 1 mm Aluminium : $1^2/_3$ S.N. = [ca. 40 x] = 250 F.
10—12 Wehnelt u. 3 mm Aluminium : $2^2/_3$ S.N. = [ca. 65 x] = 400 F.

In der Tiefentherapie kommt nur die letzte Dosis unter 3 mm Aluminium in Betracht.

Es ist meines Erachtens zweckmäßig in Zukunft, vorausgesetzt, daß sich das Intensimeter allgemein einführen sollte, einheitlich nur nach „F-Minuten" zu dosieren. Anfangs ließ ich am Beginn und am Ende jeder Bestrahlung die F-Zahl feststellen und setzte den Mittelwert in das Bestrahlungsprotokoll ein. Die Erfahrungen, welche eine genügende Konstanz der Lilienfeldröhren, wie oben auseinandergesetzt, ergaben, führten alsbald dazu, nur zwei Messungen, zu Beginn und am Ende der täglichen Bestrahlungsarbeit, vorzunehmen und den Mittelwert als Tages-F-Dosis in den Protokollen zu vermerken. Diese täglichen Dosiskontrollen werden bei stets gleicher Belastung von 2,5 resp. 3 Milliampere ausgeführt und in Tabellen eingetragen. Hier werden in besonderen Rubriken dann noch die Ampere der Glühkathode (4,5) sowie der Ausschlag des Bauerschen Qualimeters (9—10) und der Härtegrad der Röhre durch Absorption nach der Methode von Fürstenau, in Wehnelt oder Walter gemessen, vermerkt. Diese täglichen Kontrollen, welche in wenigen Minuten vom geübten Personal ausgeführt werden, geben einen vorzüglichen Überblick über Röhren und Apparate. In längeren Zeitabschnitten werden Absorptionskurven nach Holzknecht, Weissenberg und Mayer aufgenommen, welche die Intensität, Härte, Homogenität und Halbwertschicht zeigen.

Die Zeit ist pro Sitzung auf 6 Minuten festgelegt (automatische Ausschaltung durch Weckuhr im primären Stromkreis), der Abstand beträgt stets 30 cm, da Tuben benutzt werden. Die Filter sind eingebaut, können also nicht vergessen werden. Diese vorbeschriebene Technik verläuft also gewissermaßen zwangsläufig.

Die Intensität von 2,5—3 Milliampere wird bei einer Härte von 10—12 We. durch unsere Induktoren nicht überschritten. Härtegrad und Homogenität sind am Hochspannungs- und Homogenitätswiderstand fest eingestellt. Die einzig freibleibenden Anordnungen sind also die Bestimmung der Zahl der Bestrahlungsfelder, der Einzelsitzungen und der Bestrahlungsserien, sowie die Länge der zwischen den Serien einzuschiebenden Pausen.

Wie schon erwähnt, bezieht sich diese Technik nur auf die Tiefentherapie. Sie kommt z. B. in Betracht bei Bluterkrankungen, Basedow, Myomen, Metropathien, prophylaktischen postoperativen Bestrahlungen von Karzinomen, wie Mammakarzinomen, Lymphomen am Halse, inoperabelen Karzinomen (operabele werden chirurgisch behandelt). Die Oberflächentherapie

läßt sich mit Lilienfeld indessen genau so leicht und sicher ausführen wie die Tiefentherapie. Dem Einzelfalle entsprechend kann Intensität und Härte fein differenziert werden. An Stelle der Tuben können Glasspekula verschiedener Länge und Weite treten. Filter können ganz fortfallen oder geringe Dicken benutzt werden. Auch hier erlaubt das Prinzip der Röhre einen fast mechanischen Betrieb.

Die Frage, ob die Röntgentherapie dem Personal überlassen werden darf, ist oft behandelt und in manchen gerichtlichen Gutachten besprochen worden. Die Mehrzahl der Sachverständigen war bisher der Ansicht, daß die technische Ausführung der therapeutischen Bestrahlungen dem Arzte vorbehalten bleiben müsse.

Bei einem gut arbeitenden Lilienfeldbetrieb und gründlich ausgebildetem Personal kann man meines Erachtens die Grenzen weiter stecken. Wenn der Arzt die oben beschriebenen täglichen Kontrollen unter Augen behält und überdies die richtige Einstellung der Bestrahlungsfelder überwacht, so darf er die Bestrahlung dem Personal überlassen. Unbedingt muß während der ganzen Dauer der Sitzung der die Bestrahlung Übernehmende an der Schalttafel stehen, um bei unvorhergesehenen Ereignissen, wie Kabelbruch usw., sofort ausschalten zu können.

Vor Beginn jeder neuen Serien, also nach Ablauf der Pausen, müssen sich die Patienten dem behandelnden Arzte vorstellen und dieser macht persönlich die Eintragungen über Allgemeinbefund, Zustand der Haut, Blutungen usw. in das Protokoll.

Die Verpflichtung zur Führung genauer Protokolle, welche die technischen und klinisch wichtigen Daten enthalten, ist anzuerkennen. Um die Aufzeichnungen möglichst übersichtlich und vollständig zu gestalten, habe ich für das mir unterstehende Institut mit besonderem Hinblick auf die Haftpflicht ein Schema drucken lassen, das nebenstehend wiedergegeben werden soll. Einzelne der Rubriken bedürfen einiger erklärender Worte. Diabetes und Alkoholismus erfordern Vorsicht bei der Bestrahlung, ebenso die mit Salizyl oder Chloroformsalben behandelte Haut. Die Frage nach der Vorbestrahlung ist wichtig und wird oft vergessen. Neu aufgenommene Patienten haben häufig schon Bestrahlungen in anderen Instituten durchgemacht. Unkenntnis dieser Tatsachen kann bei Außerachtlassen der nötigen Pause zu Verbrennungen führen. Bei sterilisierenden Bestrahlungen (Metropathien usw.) bedarf es des Einverständnisses der Frau, die Zustimmung des Ehemannes genügt nicht. Die Bestimmung über den Aufenthalt an der Schalttafel ist in das Protokoll aufgenommen, damit sich das Personal nicht mit Unkenntnis oder dergl. entschuldigen kann. Dieses ist für den Arzt wichtig, da er für seine Angestellten haftet.

Die ersten 8 Rubriken bis zum dicken Strich enthalten alle technischen Angaben, aus denen die verabfolgte Dosis jederzeit ersehen werden kann. In den nächsten Rubriken rechts vom Strich sind die klinischen Daten, welche in gewissen Zeitabständen eingetragen werden, aufgeführt. Der Hämoglobingehalt wird in jedem Falle von Zeit zu Zeit bestimmt, die genauen Blutuntersuchungen finden dagegen meist nur bei Bluterkrankungen statt.

Mir stehen noch keine Erfahrungen mit der Siemens Glühkathodenröhre in der Tiefentherapie zur Verfügung, da die im Krankenhaus St. Georg in Vorbereitung befindliche Anlage wegen der Kriegsverhältnisse bisher noch nicht fertiggestellt werden konnte. Dennoch möchte ich nicht verfehlen, auf die guten Ergebnisse anderer Forscher wie Friedrich und Krönig[1]), ferner Grier[2]) (Amerikan. Coolidgeröhre), sowie auf die experimentellen Untersuchungen des verdienstvollen Urhebers der S. G. K.-Röhre Lasser hinweisen. Während man mit den alten Röhren günstigsten Falles einen Härtegrad von 12 We. (im Durchschnitt 10—11 We.), was einer parallelen Schlagweite von 35 cm entspricht, erreicht, lassen nach

[1]) W. Friedrich und B. Krönig: Die Strahlenbehandlung der Myome in einer einmaligen Sitzung. M. m. W., 1915, Nr. 49.

[2]) Grier: The Roentgen-Treatment of uterine fibromata. Interstate Medical Journal, Vol. XXIII, Nr. 5, 1916.

Name: Alter: Verheiratet: Beruf: Wohnung:	Diagnose:	Kassenarzt: Krankenhaus Arzt: Station:	Diabetes: Alkoholismus: vorbestrahlt: Salbenbehandlung: cave Salicyl u. Chloroform	Sterilisierende Bestrahlung: Patient einverstanden:	Bestrahlungsprotokoll No. Fortsetzung zu No. Gedruckt Juni 1916.

Anamnese und Status:

Maximaldosis.

(Erythem-Grenze)

Bei Verabfolgung dieser Dosen wird man stets etwas **unter** der Erythemdosis bleiben.

a. Unfiltriert.

5— 7 Wehn: $^3/_4$ S.N. = ca. 7,5 x = 50 F.
10—12 „ : $1^1/_2$ S.N. = ca. 27 x = 180 F.

b. Filtriert.

10—12 Wehn u. 1 mm Aluminium:
$1^2/_3$ S.N. = [ca. 40 x] = 250 F.
10—12 Wehn u. 3 mm Aluminium:
$2^2/_3$ S.N. = [ca. 65 x] = 400 F.

Während der ganzen Dauer der Bestrahlung hat der die Bestrahlung Übernehmende an der Schalttafel zu stehen. B. V. § 18.

Datum	Bestrahlungsfeld	Zeit 6 Min.	F oder Kienböck-Messung	Fokus/Haut bei Tuben = 30 cm — Tubus No. 1 > 2 > 3	Bauer: Kilovolt: We 10—12 mm Filter 3 Al.	M A 2,5 - 3,0	Röhre (Box)	Gewicht kg	Urin	Menses	Blutbefund: Hämoglobin 65-85 % Sahli	Blutbefund: rote Bltk. 4—5 Millionen	Blutbefund: weiße Bltk. 6-10000	Blutbefund: Blutbild	Pause 14 Tage — 4 Wochen	Verlauf

Lasser die S. G. K.-Röhren eine Härte von 15 We. bzw. 42 cm parallele Schlagweite zu. Diese Strahlen durch 2 mm Aluminium gefiltert sollen über die üblichen Härteskalen und den bis über 8 cm zeigenden Christenschen Halbwertschichtmesser hinausgehen. Bei Filterung durch Kupfer können nach Lasser Härtegrade von 10 bis 12 cm Halbwertschicht erreicht werden. Über die Konstanz und Homogenität dieser ultraharten Strahlen sind bislang noch keine Veröffentlichungen erfolgt.

Die Verwendung von Kupferfiltern bedingt einen beträchtlichen Energieverlust, der den Vorteil der harten Strahlung sehr beeinträchtigt. Eine Verbesserung des Wirkungsgrades erzielt Lasser nun dadurch, daß er eine neue Apparatur durchbildete, die hochgespannten Gleichstrom zum Betriebe der gasfreien Röhren erzeugt. Das nähere ist in der Veröffentlichung von Lasser l. c. nachzulesen.

Auch für die Dosierungstechnik bringt die S. G. K.-Röhre einen Fortschritt. Auf den Widerstandstischen kann ohne weiteres die an der Röhre liegende Betriebsspannung in Kilovolt abgelesen werden. Da die Spannung der Härte entspricht, so kann man nach Lasser das Voltmeter nach der Wehneltskala oder dem Halbwertschichtmesser von Christen eichen.

Zusammenfassend kann man sagen, daß die Einführung der gasfreien Röhren in der Röntgentherapie von größter Bedeutung geworden ist. Wie das Lilienfeldprinzip wird auch das Coolidgeprinzip einen erheblichen Einfluß auf die therapeutische Technik ausüben. Der Fortschritt, welchen uns die gasfreien Röhren bringen, liegt auf dem Gebiete der Mechanisierung der Technik der Röntgentherapie. Daß die Mechanisierung nicht mit Schematismus einhergehen darf, ist selbstverständlich. Die Indikationsstellung unter genauer Berücksichtigung der biologischen, physiologischen und pathologisch-anatomischen Gesichtspunkte bleibt ebenso wie die stets individualisierend vorgehende Dosierung eine ärztliche Kunst. Um diese zur vollen Entwickelung zu bringen, ist es erforderlich, dem Arzt ein stets zuverlässig arbeitendes, von Zufälligkeiten und Unvollkommenheiten befreites Rüstzeug zu schaffen.

Was nun schließlich die Dauerhaftigkeit der Röhren angeht, so ist sie theoretisch mit der Lebensdauer des Glühfadens identisch. Rechnet man diese wie bei einer gewöhnlichen Metallfadenlampe etwa zu 800 Brennstunden, so würden sich bei einer therapeutischen Belastung, z. B. von 3 Milliampere, 2400 Milliamperestunden ergeben. Nehmen wir für die Lebensdauer der alten Wasserkühlröhren die in untenstehenden Tabellen von Schönfeld angegebenen Milliamperestunden an, so wäre die oben erwähnte Lebensdauer allerdings sehr groß und für die Einführung der Röhre von schwerwiegender Bedeutung. Bisher sind aber, soweit mir bekannt, keine so hohen Milliamperestundenzahlen veröffentlicht worden. Man darf eben nicht vergessen, daß auch die Lilienfeldröhre durch Schäden zugrunde gehen kann, welche nicht das Prinzip der Röhre treffen. Ich erwähnte schon Sprünge durch innere Glasspannungen, Kathodendefekte, schließlich brennt auch nicht jeder Glühfaden 800 Stunden. Selbst mit diesen Einschränkungen übertrifft die Haltbarkeit der Röhre alles bisher bekannte. Die Frage nach der Lebensdauer der gasfreien Röhren kann ich auf Grund meines Materials z. Z. noch nicht erschöpfend beantworten, da für die Aufstellung von Durchschnittsleistungen die erforderliche Anzahl von Röhren bisher nicht verbraucht worden ist. Immerhin sind die unvollständigen Ergebnisse der bis jetzt erreichten Höchstleistungen interessant genug, um ihre Veröffentlichung zu rechtfertigen. Schönfeld hat eine drei Jahre umfassende statistische Arbeit über Lebensdauer und Rentabilität der alten Röhren im Röntgeninstitut des Kaiser-Jubiläums-Spital in Wien veröffentlicht.[1]) Diese, sowie die brieflich von ihm zur Verfügung gestellten Angaben werde ich zum Vergleich mit den von mir bisher erzielten Ergebnissen zusammenstellen.

[1]) Fortschritte a. d. Geb. d. Röntgenstrahlen. Bd. XXIV, Heft 3.

Die Leistungsfähigkeit einer Röhre kann nur nach Milliampere-Stunden bestimmt werden. Die Zahl der Brennstunden oder die Summierung der Einzelleistungen, bei Therapieröhren der verabfolgten Dosen, hat ein großes Interesse, bedeutet aber nichts für die kritische Bewertung der Leistungsfähigkeit. Die Rentabilität ergibt sich nicht allein aus dem Preis für die Milliampere-Stunde, sondern auch aus der Ersparungsmöglichkeit von Röhren infolge ihrer im Gegensatz zu den alten Röhren vielseitigen Verwendungsmöglichkeiten.

Tabelle I bis III von Dr. August Schönfeld-Wien für das Triennium 1913—1915.

Tabelle I. Durchschnittsleistung aller verbrauchten Röhren.

	Fabrikat	Betriebsart	Milliampere-Stunden	Kosten der Milliampere-Stunde	Einzelleistungen
Therapie	Preis im Durchschnitt 161,35 M.	Gleichrichter	144,5	1,21 M.	260 Dosen zu je 17 Minuten
Aufnahme		Gleichrichter	46,8	3,74 M.	668 Aufnahmen im Durchschnitt zu je 36 Sekunden
Durchleuchtung		Induktor Gasunterbrecher mit synchron laufendem Motor an Wechselstrom	24,8	7,17 M.	260 Durchleuchtungen im Durchschnitt zu je 156 Sekunden

Tabelle II. Durchschnitt der besten Röhren.

	Fabrikat	Betriebsart	Milliampere-Stunden	Kosten der Milliampere-Stunde	Einzelleistungen
Therapie	Th. Helm Wasserkühlung Bauer-Regulierung 183,96 M.	Gleichrichter	248	0,70 M.	477 Dosen zu je 16 Minuten
Aufnahme	Müller Rapid Osmo- oder Bauer-Regulierung 140,53 M.	Gleichrichter	66,7	2,10 M.	1052 Aufnahmen
Durchleuchtung	Gundelach und Müller 120,12 M.	Induktor Gasunterbrecher mit synchron laufendem Motor an Wechselstrom	57,6	2,08 M.	542 Durchleuchtungen

Tabelle III. Höchstleistungen.

	Fabrikat	Betriebsart	Milliampere-Stunden	Kosten der Milliampere-Stunde	Einzelleistungen
Therapie	Th. Helm Watt 186,06 M.	Gleichrichter	354	0,52 M.	576 Dosen zu je 18 Minuten
Aufnahme	Müller Rapid Wasserkühlung Osmo-Regulierung 126 M.	Gleichrichter	98,5	1,28 M.	1506 Aufnahmen, davon 202 Schnellaufnahmen
Durchleuchtung	Müller Rapid Wolfram Bauer-Regulierung 168 M.	Induktor Gasunterbrecher mit synchron laufend. Motor an Wechselstrom	75,7	2,22 M.	720 Durchleuchtungen

Tabelle IV.
Vorläufiges Ergebnis von drei noch vollwertigen und am 17. Februar 1917 in Betrieb befindlichen gasfreien Röhren (Krankenhaus St. Georg, Hamburg).

	Fabrikat	Betriebsart	Milliampere-Stunden	Kosten der Milliampere-Stunde	Einzelleistungen
Therapie	Lilienfeld Therapie-Röhre Nr. 86 mit Wasserkühlung 510 M.	Induktor 35 cm parall. Schlagweite Gasunterbrecher	462 h 7′	—	1824 Dosen zu je 6 Minuten. 2,5 M.A. und zahlreiche experimentelle Expositionen. Zusammen: 665 450 Expos.-Sek.
Aufnahme	Lilienfeld Aufnahme-Röhre Nr. 102 mit Wasserkühlung 510 M.	Gleichrichter	476 h 44′	—	4000 Zeitaufnahmen im Durchschnitt zu je 51,5″ 8 M.A. Zusammen: 214 531 Expos.-Sek.
Durchleuchtung und Momentaufnahme	Siemens Glühkathoden-Röhre Nr. 1008 mit Wasserkühlung 400 M.	Gleichrichter	rund 210 h 13′	—	996 Durchleuchtungen im Durchschnitt zu je 3′ 3,6 M.A. 1030 Momentaufnahmen im Durchschnitt zu je 0,6″ 45 M.A. 131 Zeitaufnahmen im Durchschnitt zu je 51,5″ 10 M.A.[1] 2157 Einzelleistungen z. Z. im Ganzen Zusammen: 190 712 Expos.-Sek.

Tabelle V.
Vergleich der Höchstleistungen der gashaltigen und der vorläufigen Leistungen der gasfreien Röhren.

	Gashaltige Röhren Milliampere-Stunden	Gasfreie Röhren Milliampere-Stunden	Gashaltige Röhren Kosten der Milliampere-Stunde	Gasfreie Röhren Kosten der Milliampere-Stunde
Therapie	354	462 h 7′	0,52 M.	—
Aufnahme	95,5	476 h 44′	1,28 M.	—
Durchleuchtung	75,7	210 h 13′ einschließlich Momentaufnahmen	2,22 M.	—

Es ergibt sich also zweifelsohne schon jetzt, wo die Endresultate noch nicht abgeschlossen vorliegen, eine beträchtliche Milliampere-Stunden-Überlegenheit der gasfreien Röhren über die alten Typen, jedoch ist zu bedenken, daß die Statistik zunächst nur auf den Leistungen von drei ausgewählten Exemplaren beruht.

Die Berechnung der Rentabilität dieser drei Röhren muß einstweilen bis die Gesamtergebnisse vorliegen, hinausgeschoben werden. Ein einwandsfreier Vergleich zwischen den alten und neuen Röhren kann erst später auf Grund umfangreichen Materials stattfinden. Auch die Frage der Friedenspreise muß vorher erledigt werden, denn auf Grund der augenblicklichen Kriegspreise würde sich ein völlig schiefes Bild ergeben. —

Ich werde diese Statistik, welche sich bis zum 17. Ferbuar 1917 einschließlich erstreckt, fortführen und später über die weiteren Ergebnisse berichten.

[1] Die 131 Zeitaufnahmen waren schon gemacht, als die Röhre speziell zu Durchleuchtungszwecken eingestellt wurde.

Über das geeignetste Filtermaterial zur Erzeugung harter Röntgenstrahlen.

Von

Prof. Dr. **B. Walter.**

Wintz und Baumeister[1]) haben vor kurzem mit Hilfe eines Ionisierungsapparates die durch das bisher übliche Aluminiumfilter von 3 mm Dicke hindurchgegangene Röntgenstrahlung mit der durch Filter aus Eisen, Zink, Messing und Kupfer von 0,5 mm Dicke gesiebten verglichen und dabei gefunden, daß die erstere Strahlung für die Tiefentherapie erheblich ungeeigneter ist als die letztere, da bei dieser die gleiche Tiefendosis mit wesentlich größerer Hautschonung erreicht wird.

Dieses Ergebnis der Versuche der genannten Beobachter ist nun zweifellos richtig; immerhin glaube ich aber darauf hinweisen zu müssen, daß man deswegen noch nicht behaupten darf, daß die genannten Metalle, also z. B. das Zink als Filtermaterial dem von mir[2]) zuerst zu diesem Zwecke empfohlenen Aluminium überlegen seien.

Die bei den genannten Versuchen beobachtete Überlegenheit des Zinks usw. erklärt sich nämlich in der Hauptsache jedenfalls daraus, daß eine Schicht von 0,5 mm Zink usw. die Röntgenstrahlen ganz erheblich viel stärker absorbiert, als eine solche von 3 mm Aluminium, wie auch schon daraus hervorgeht, daß die Beobachter bei ihren Versuchen mit den andern Filtern viel länger exponieren mußten als bei dem Aluminiumfilter. Auch nach meinen eigenen Versuchen entspricht z. B. eine Schicht von 0,5 mm Zink hinsichtlich ihrer Absorption für sehr harte Röntgenstrahlen nicht 3 mm, sondern etwa 12 mm (!) Aluminium.

Je stärker aber ein Filter absorbiert, um so größer ist im allgemeinen natürlich auch seine Filterwirkung, d. h. um so mehr wird die weiche und mittelharte Strahlung des zu filternden Strahlengemisches im Verhältnis zu der ganz harten geschwächt.

Da dieser Satz bisher vielfach noch nicht genügend gewürdigt zu sein scheint, so mag er hier noch durch ein Beispiel erläutert werden.

Wir nehmen zu diesem Zwecke an, daß das zu filternde Strahlengemisch ursprünglich nur aus zwei Teilen, einem harten und einem weichen, bestehe, deren jeder für sich eine homogene Strahlenart darstellen möge und die auch beide ursprünglich die gleiche Intensität haben sollen. Eine bestimmte Filterschicht möge nun die Intensität des harten Anteils unserer Strahlung auf $^1/_2$ und die des weichen auf $^1/_4$ schwächen. Dann wird also nach der Filterung die Intensität des weichen Anteils nur noch halb so groß sein, wie die des harten, während ja ursprünglich beide Anteile die gleiche Intensität hatten; und in dieser relativ größeren Abschwächung des weicheren Anteils besteht ja auch der Zweck der Filterung überhaupt.

Lassen wir nun das so gefilterte Strahlengemisch nochmals durch eine gleiche Filterschicht gehen, so werden die beiden Teile unseres Gemisches wieder in demselben Verhältnis wie oben geschwächt, der harte Teil also auf $^1/_2 \cdot {}^1/_2 = {}^1/_4$ und der weiche auf $^1/_4 \cdot {}^1/_4 = {}^1/_{16}$ der ursprünglichen Intensität. Demnach beträgt die Intensität des weichen Anteils jetzt nach zweimaliger Filterung nur noch $^1/_4$ von derjenigen des harten, während sie nach einmaliger Filterung noch halb so groß war, und wir sehen also, daß, je mehr Filterschichten wir verwenden, um so mehr auch die weiche Strahlung im Verhältnis zur harten geschwächt, d. h. um so größer die Filterwirkung wird, wie ja auch unser Satz aussagt.

---

[1]) Fortschritte Bd. XXIV, S. 240, 1916.

[2]) Verhandl. der Deutsch. Röntgen-Ges. Bd. 3, S. 110, 1907.

Um demnach die Überlegenheit des Zinks gegenüber dem Aluminium als Filtermaterial nachzuweisen, hätten die Beobachter von beiden Stoffen solche Schichtdicken anwenden müssen, die den härtesten Teil des benutzten Strahlengemisches, auf dessen Abtrennung es ja bei der Filterung ankommt, in gleicher Stärke durchlassen, d. h. nach dem obigen, bei 0,5 mm Zink etwa 12 mm Aluminium. In diesem Falle würden sie sicher nicht eine so große Überlegenheit des Zinks gefunden haben; vielmehr glaube ich auf Grund meiner ausgedehnten, schon vor vielen Jahren angestellten Versuche behaupten zu können, daß sich unter Berücksichtigung der obengenannten Bedingung in der fraglichen Hinsicht alle Metalle, deren Atomgewicht kleiner als 70 ist, also z. B. das Aluminium, das Eisen, das Kupfer und das Zink, ziemlich gleich verhalten werden, so daß es also auch nur eine rein äußerliche Frage ist, welchem von ihnen man hierbei den Vorzug geben will.

Dagegen halte ich allerdings die Anwendung eines Metalles, dessen Atomgewicht um 100 herum liegt, also z. B. des Silbers oder Zinns, wie ich auch schon früher ausgesprochen habe[1]), in diesem Falle für unzweckmäßig, da diese Stoffe die weichen Strahlen, auf deren möglichster Vernichtung es ja bei der Filterwirkung ankommt, relativ wenig absorbieren, wie ja z. B. die Benoistsche Härteskala beweist.

Die Metalle mit sehr hohem Atomgewicht ferner, wie z. B. das Platin oder das Blei, nähern sich nach meinen Versuchen in der fraglichen Beziehung wieder der erstgenannten Klasse, so daß also auch sie sich recht gut als Filterstoffe verwenden lassen dürften, soweit dem nicht — wie beim Platin — der hohe Preis oder — wie beim Blei — die Giftigkeit desselben im Wege steht.

Immerhin halte ich es aber doch nicht für überflüssig, die hauptsächlichsten der hier etwa in Frage kommenden Stoffe nochmals einem genaueren Vergleich hinsichtlich ihrer Brauchbarkeit als Filterstoff zu unterwerfen, und in dieser Hinsicht sind nun die Versuche von Wintz und Baumeister gewiß dankbar zu begrüßen. Allerdings würde ich es aber, wie ich nochmals betonen möchte, in Zukunft für richtiger halten, dabei stets solche Schichtdicken miteinander zu vergleichen, welche die durch das Filter abzutrennende harte Strahlung in gleicher Stärke durchlassen; und es wird dann derjenige Stoff den Vorzug verdienen, welcher unter diesen Umständen den mittelharten und weichen Anteil des ursprünglichen Strahlengemisches am besten zurückhält.

Hamburg, physikalisches Staatslaboratorium, im August 1916.

Aus dem Zentralröntgenlaboratorium des k. u. k. Allgemeinen Krankenhauses in Wien
(Vorstand: Prof. Holzknecht).

Über die Grenzen der Konstanz gasfreier Röntgenröhren.

Von

Dr. **Heinrich Wachtel,**

derzeit Vorstand des Röntgeninstitutes des k. u. k. Reservespitales Wien Nr. 6 in Trient.

Wie ich in einer Reihe von Versuchen mit dem Selenintensimeter[2]) gezeigt habe, arbeiten die gashältigen Röntgenröhren der heute gebräuchlichen Therapiebetriebe nicht konstant. Sie senden nicht einmal während einer und derselben Bestrahlung gleichmäßige Strahlungen aus. Die Intensität und die Härte ihrer Strahlungen wechseln während die Röhre eingeschaltet ist, und zwar regellos zum besseren oder zum schlechteren. Fast jede Einschaltung der

---

[1]) Verhandl. der Deutsch. Röntgen-Ges. Bd. 8, S. 73, 1912.

[2]) Wachtel. Über die Inkonstanz der Strahlungen der heutigen Röntgenröhren und Dosierungsversuche mit dem Fürstenauschen Selenintensimeter. Strahlentherapie. Bd. VII. (1916).

Röhre bringt bei demselben Instrumentar eine andere Stellung heraus. Nur manchmal gelang es, bei Röhren, welche mit siedendem Wasser gekühlt waren und gut „eingearbeitet" waren, bei Bestrahlungen bis zu zehn Minuten Dauer und 250 F-Minuten Oberflächendosis eine fast gleichmäßige Strahlung zu erhalten.

Die Schwankungen der Konstanz der Röhren sind in Härte- und Oberflächendosiszahlen ausgedrückt oft gering. Wenn man sie aber in Absorptionsmessungen auf ihre physiologische Wirkung überprüft, erweisen sie sich von beträchtlicher Bedeutung. Man erkennt dann, daß sie so groß sind, daß sie bei allen Maßnahmen berücksichtigt werden müssen. Diese Schwankungen sind es, welche bewirken, daß unsere heute gebräuchliche Dosierung in der Röntgentherapie, wie ich mich durch Messungen überzeugen konnte, eigentlich auf einer starken Unterdosierung (bis $^2/_3$ der zu applizieren erlaubten Strahlenmenge) beruht. Diese oft unbewußte Unterdosierung verhindert, daß die früher unbekannten und daher unberücksichtigten Konstanzschwankungen der Röhre bei Eintritt einer erheblicheren Änderung des Strahlungsgemisches Schädigungen des Patienten erzeugen.

Es war interessant, auch die neuen gasfreien Röntgenröhren auf die Konstanz der von ihnen ausgesendeten Strahlungen zu untersuchen. Ich konnte an einem Lilienfeld-Röhrenbetrieb in dieser Richtung Untersuchungen anstellen.

Als wir seinerzeit über die Erprobung und Anpassung des Betriebes der gasfreien Röntgenröhre nach J. E. Lilienfeld an die praktischen Zwecke berichtet haben[1]), haben wir auch über die Konstanz dieser Röhre berichtet. Wir glaubten damals folgendes: „Die Dosierung kann eine tiefgreifende Wandlung zur praktischen Vereinfachung erfahren. Die Einzeldosierung mit Dosimetern (Sabouraud, Quantimeter usw.) bei jeder Bestrahlung kann entfallen und an ihrer Stelle kann infolge der Konstanz des Rohres die schon bisher von manchen unexakterweise gebrauchte Dosierung nach Distanzminuten der betreffenden, einmal genau mit Dosimeter und auf Tiefenwirkung gemessenen Schaltung treten. Die Konstanz des Einzelbetriebes ist am Glühamperemeter und Röntgenmilliamperemeter ersichtlich. Die Dauerbelastbarkeit scheint unbegrenzt zu sein."

Nun muß man bei der Erörterung der Konstanz der gasfreien Röhren zwei Sachen auseinanderhalten.

Die Lilienfeld-Röhre ist zweifellos in dem Sinne konstant, das sie den Härtegrad der von ihr produzierten Strahlung bei derselben Einstellung der Schaltung des Röntgenapparates in gewissem Maße stets wieder reproduziert. Sie kann daher, besonders für Durchleuchtung, bei Einstellung derselben Schaltung stets für dieselben Zwecke verwendet werden. So kann man bei der einen Schaltungsstellung stets gute Beckenbilder, bei der anderen stets gute Handbilder erhalten ohne daß ein Anweichen oder Härten der Röhre nötig wäre. In diesem Sinne zeigt die Lilienfeld-Röhre eine weitgehende, bisher sonst unerreichte „Konstanz".

Eine andere Frage ist es aber, ob die Lilienfeld-Röhre bei einer therapeutischen Bestrahlung während der ganzen Zeit der Einschaltung dieselbe Strahlung aussendet und ob sie bei derselben Einschaltung für therapeutische Zwecke stets dieselben Strahlungen aussendet. Denn nur wenn dies zutreffen würde, könnten die Hoffnungen auf den zitierten Umbau der Dosierungsmethodik erfüllt werden.

Die Lilienfeld-Röhre ist auch im Bereiche der für die Tiefentherapie liegenden Harten insofern konstant, daß sie bei derselben Schaltung die gleichen Milliamperemeterzahlen aufweist und die Ausschläge der Milliamperemeter zeigen während einer Bestrahlung keine mit freiem Auge bemerkbaren Schwankungen. Die Ruhe des Miliamperemeters berechtigte zur Annahme, daß die Lilienfeld-Röhre absolute Konstanz besitzt.

---

[1]) Holzknecht, Wachtel, Weissenberg und Mayer. Die gasfreie Röntgenröhre nach J. E. Lilienfeld. Münch. med. W. 1915, Nr. 25.

Es hat sich aber in Versuchen gezeigt, daß die Konstanz des Milliamperemeterausschlages kein sicheres Zeichen für die Konstanz der von einer Röhre ausgesandten Strahlung ist[1]). Nun wurde es auch zweifelhaft, ob die von uns damals angenommene Konstanz der von der Lilienfeld-Röhre während einer Einschaltung ausgesandten Strahlung, tatsächlich besteht.

Versuch.

Induktor-Lilienfeld-Betrieb mit Gasunterbrecher. Einstellung auf „sehr hart". 3 mm Aluminiumfilter. M. A. in der Röhrenstromschleife 2,0 die ganze Zeit ruhig, ohne Schwankungen. Bauerqualimeter 7.

Es wurden die Qualität und die Quantität der ausgesandten Strahlung bestimmt. In gleichbleibender Fokusdistanz wurde in verschiedenen Perioden der Bestrahlung die Strahlung gemessen und mit Hilfe einer Ebenholztreppe (Holzknecht und Mayer) ähnlich dem Kienböckschen Alumiumblockverfahren analisiert.

Es wurden mit dem Selenintensimeter von Fürstenau in gleichbleibender Fokusdistanz der Selenzelle folgende „Intensitäten" bestimmt:

1. die direkt auf die Selenzelle aufgefallene Strahlung,
2. die auf mit 1 cm Ebenholz zugedeckte Selenzelle aufgefallene Strahlung,
3. die auf mit 2 cm Ebenholz zugedeckte Selenzelle aufgefallene Strahlung,
4. die auf mit 3 cm Ebenholz zugedeckte Selenzelle aufgefallene Strahlung,

Die Röhre wird eingeschaltet. Nach zwei Minuten wird gemessen F.

	1.	2.	3.	4.
a)	12	11	9	8
in Prozenten:	100	91,6	75	66,6

Nach weiteren 2 Minuten wird gemessen:

b)	11	10	9	8
in Prozenten:	100	91	81,8	72,7

Nach weiteren 3 Minuten gemessen:

c)	$11^1/_2$	10	$8^3/_4$	8
in Prozenten:	100	86,9	76	69

Nach weiteren 10 Minuten gemessen:

d)	12	11	9	8
in Prozenten:	100	91,6	75	66,6

Die Härtemessung mit dem Christenschen Halbwertschichthärtemesser ergibt die Strahlungshärte = 2,4 Hbw.

Die Bestrahlung wird unterbrochen.

Nach fünf Minuten Unterbrechung wird die Röhre wieder eingeschaltet und nach drei Minuten die Strahlung gemessen:

e)	$12^1/_2$	11	10	$8^1/_2$
in Prozenten:	100	88	80	68

Eine nach weiteren 20 Minuten vorgenommene Messung konnte nicht mehr einwandfrei durchgeführt werden. Der Zeiger des Intensimeters schwankte, statt nach erfolgtem Ausschlag ruhig zu bleiben, um eine Durchschnittszahl, und zwar:

f)	$12^1/_2$—$13^1/_2$	11—12	9—10	$9^1/_2$

Die Bestrahlung wurde abgebrochen.

[1]) Wachtel, L. C. Strahlentherapie, Versuch 3. — Wachtel. Über die instrumentelle Bestimmung der Erythemgrenze statt der üblichen Messung der verabreichten Lichtmenge. Fortschr. a. d. G. d. R. Bd. XXIII. Arbeiten und Verhandlungen der Sonderkommisson für Dosimetervergleich. Versuch 1 und 2.

Der Versuch zeigt, daß die Röhre in der dritten Minute nach der Einschaltung eine andere Strahlung geliefert hat als in der fünften und achten. Die Strahlung der dritten Minute war quantitativ stärker, was die größeren F-Zahlen zeigen. Sie war auch qualitativ anders, was aus den Prozentverhältnissen hervorgeht und in den Kurven (Fig. 1 und 2) deutlich ist. In der achtzehnten Minute lieferte die Röhre dieselbe Strahlung wie in der dritten Minute. Die veränderte Strahlungsemission offenbarte sich durch keine Veränderung am Milliamperemeter.

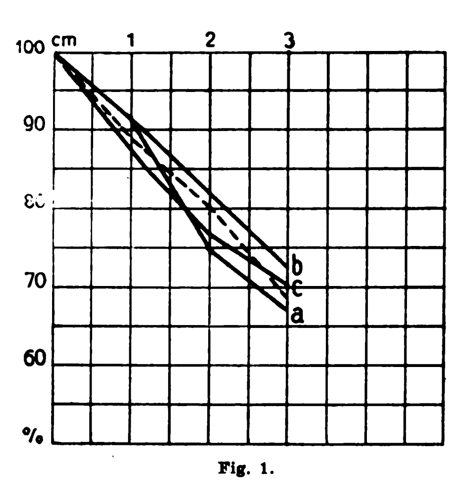


Fig. 1.

Die ausgezogenen Linien bedeuten: *a* die Prozentkurve der dritten und achtzehnten Minute, *b* die Prozentkurve der fünften Minute, *c* die Prozentkurve der achten Minute. Die punktierte Linie bedeutet die Prozentkurve der zweiten Einschaltung. — Man erkennt, daß die Strahlung *b* am härtesten und die Strahlung *c* am weichsten war.

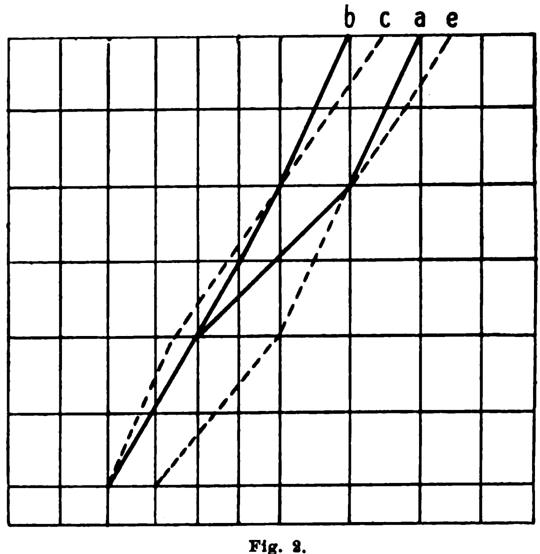


Fig. 2.

Die ausgezogenen Linien bedeuten: *a* die Kurve der dritten und achtzehnten Minute, *b* die Kurve der fünften Minute. Die punktierten Linien bedeuten: *c* die Prozentkurve der achten Minute, *e* die Prozentkurve der zweiten Einschaltung. Analyse mit dem logarithmischen Raster nach Weissenberg: Regeln: Die weiter rechts gelegene ist die intensivere Strahlung. Die Strahlung mit steilerem Verlauf der Kurve ist die härtere. Die Strahlung mit der stärkeren Krümmung ist die heterogenere. — Es ergibt sich also, daß die Strahlung *e* die intensivste und die Strahlung *b* die homogenste war.

Nachdem die Röhre zum zweiten Male eingeschaltet war, lieferte sie in der vierten Minute eine Strahlung, die von den Strahlungen der vorherigen Einschaltung sowohl quantitativ wie qualitativ verschieden war (Fig. 1. und 2). In der vierundzwanzigsten Minute nach der zweiten Einschaltung veränderte sich die Intensität der Strahlungen so rasch, daß die Inkonstanz der Röhre direkt als oszillierende Schwankungen des Zeigers des Intensimeters sichtbar wurde.

Die Lilienfeldröhre sendet also während einer Bestrahlung keine absolut gleichmäßigen Strahlungen aus, sondern die Intensität und die resultierende Härte der Strahlungen wechseln, während die Röhre eingeschaltet ist. Eine neue Einschaltung der Röhre bringt bei demselben Instrumentar eine andere Strahlung heraus, die sich während der Bestrahlung ändert. Die Schwankungen werden bei langer Belastung so groß, daß die Röhre auch in dem kurzen Zeitabschnitt, welchen eine Ablesung am Intensimeter für sich beansprucht, nicht konstant bleibt, sondern durch ihre Schwankungen eine richtige Ablesung am Intensimeter unmöglich macht.

Die Schwankungen der Konstanz sind in Intensitätszahlen und Prozenten ausgedrückt, gering. Von welcher Bedeutung sie aber sind, habe ich gelegentlich der Mitteilung über die Inkonstanz der gashaltigen Röntgenröhren genau ausgeführt.

Resümee: Messungen mit dem Intensimeter ergeben, daß die Lilienfeld-Röhre mit Induktor in Tiefentherapiehärte betrieben, während einer und derselben Bestrahlung keine absolut gleichmäßige Strahlung aussendet. Die Intensität und die Härte der Strahlung wechselt, während die Röhre eingeschaltet ist. Eine neue Einschaltung der Röhre bringt bei demselben Instrumentar eine andere Strahlung heraus. Während also der Induktor Lilienfeldbetrieb die großen, am Milliamperemeter erkennbaren Schwankungen der gashältigen Röhren vermeidet, zeigt er die kleinen aber für die Therapie bedeutsamen in ähnlicher Weise. Ob dieselben von der Lilienfeldröhre selbst oder vom Instrumentarium, vielleicht vom Unterbrecher herrühren, konnte nicht ermittelt werden.

Die Untersuchung wurde an einem mehrere Jahre alten Laboratoriumsapparat ausgeführt.

Einfluß kleiner Funkenstrecken in Röntgenstromkreisen.

Von

Friedrich Janus, München.

Der Kampf mit dem Schließungsstrom ist vielen Röntgenologen und Röntgentechnikern etwas Alltägliches geworden. Häufig steht man dabei vor einem Rätsel. Nachdem der Betrieb eine ganze Zeitlang ganz regelmäßig ohne Störung vor sich gegangen ist, zeigt die Röntgenröhre und auch die vielleicht noch im Stromkreise befindliche Glimmlichtröhre starken Schließungsstrom trotz gut arbeitender Ventilröhre.

Gehen wir dieser Erscheinung nach, indem wir uns mittels des drehbaren Spiegels (Fig. 1) das Kurvenbild der Entladung an der Glimmlichtröhre ansehen, so findet man — von einigen

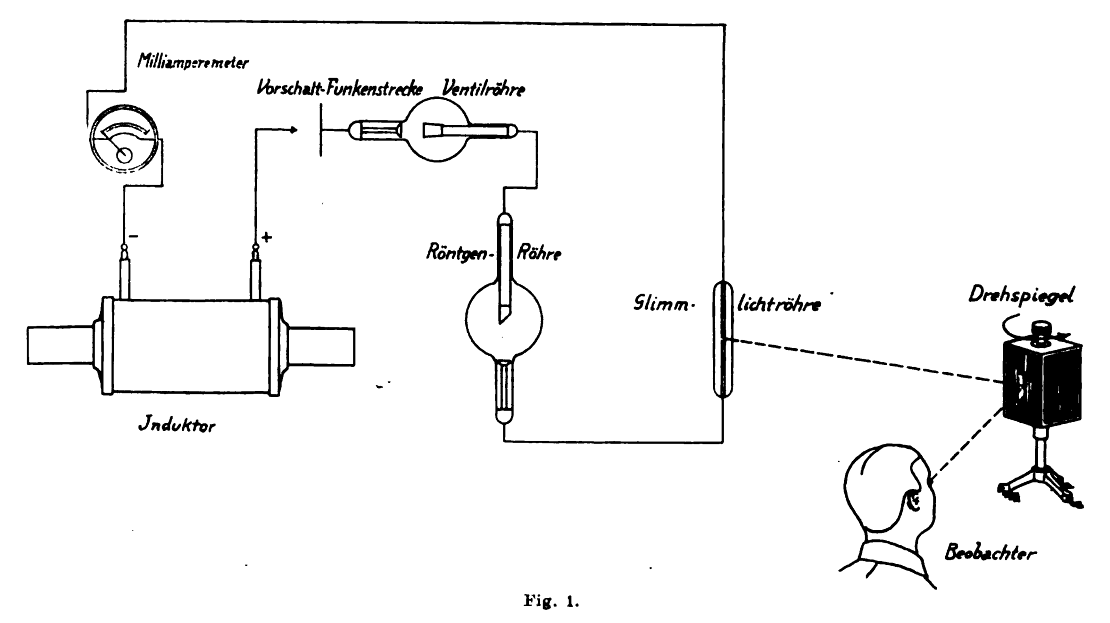


Fig. 1.

auch möglichen anderen Fehlerquellen anderer Art abgesehen — ein Bild nach Fig. 2b. In ihm erkennen wir, daß das vermeintliche Schließungslicht zeitlich genau mit dem Öffnungsstrom nach Fig. 2a zusammenfällt. Würde die verkehrte Stromrichtung von der Schließungsinduktion herrühren, so müßte eine im Bilde nach unten gehende Entladung zeitlich vor dem Öffnungs-

impulse auftreten. Das Bild müßte wie in Fig. 2c aussehen. Der verkehrte Stromimpuls kann daher nicht von der Schließungsinduktion herrühren.

Sehen wir uns die Kurve im drehbaren Spiegel noch genauer an, so finden wir weiter, daß im Gegensatz zu der eigentlichen Entladung das Glimmlicht in einer nur sehr kurzen Zeit auftritt, denn die rechts und links der Glimmlichtröhrenelektrode von Drahtform aufleuchtenden hellen Glimmlichtstriche (Fig. 3) sind außerordentlich scharf begrenzt. Die Lichterscheinung läßt sich sogar bei hoher Spiegelgeschwindigkeit nicht zeitlich auseinanderziehen.

Entladungen so kurzer Zeitdauer haben aber meist hochfrequenten Charakter[1]). Dem ist nun wirklich so. Gehen wir sorgfältig den ganzen Hochspannungsstromkreis durch, von der einen Induktorklemme ausgehend durch Milliamperemeter, Ventilröhre, Röntgenröhre zur anderen Induktorklemme zurück, so werden wir sicher eine Stelle finden, welche eine „kurze“ Funken-

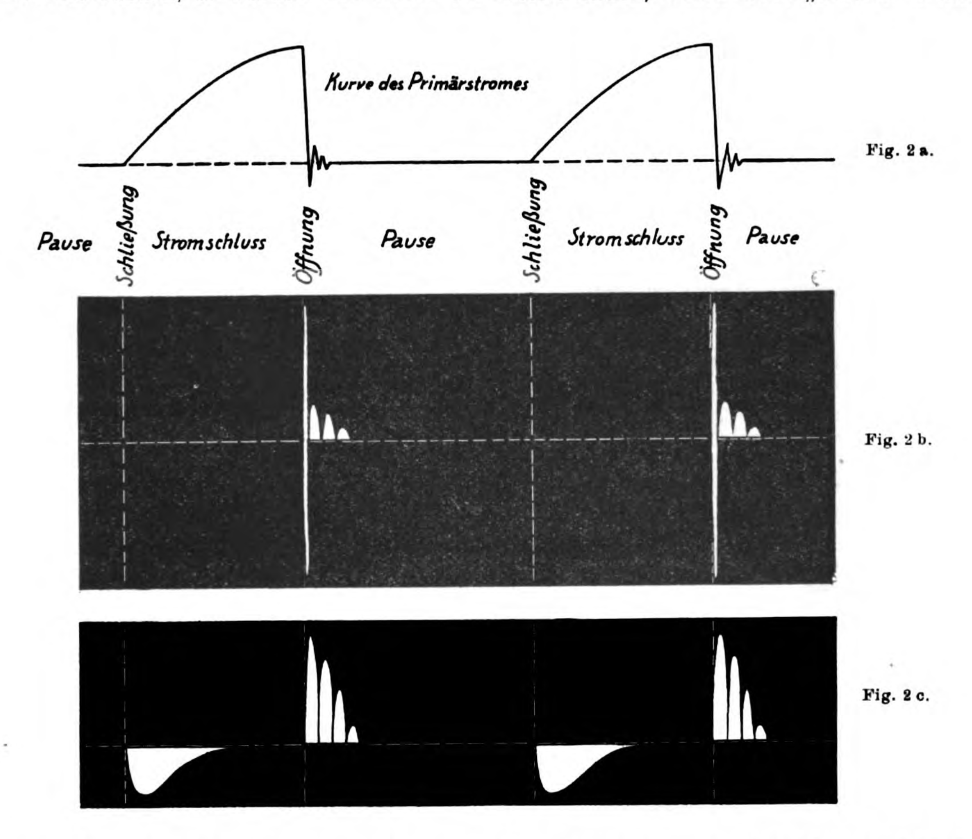


Fig. 2a.

Fig. 2b.

Fig. 2c.

strecke darstellt. Entweder ist es ein schlechter Kontakt oder sonst eine kleine, vielfach zufällige Leitungsunterbrechung, welche eine kurze Funkenstrecke bildet. Beseitigen wir z. B. durch mechanischen Druck auf den schlechten Kontakt — mit einem längeren trockenen Holzstab oder dergleichen — diese kurze Funkenstrecke während des Betriebes, so wird sofort das „Schließungslicht“ verschwunden sein. Lassen wir mit dem Druck nach, so daß die „kurze Funkenstrecke sich wieder bilden kann, so ist im selben Moment auch wieder die vermeintliche „Schließung“ da, die wir zum Unterschied von der wahren Schließung auch Pseudoschließung nennen können.

---

[1]) Nachträglich wird mir zufällig bekannt, daß Guye & Monasch, L'Eclairage électrique, 34/35, 1903, und Monasch, Der elektrische Lichtbogen, 1904, S. 80 auch diese Erscheinung beobachteten. Sie sprechen die Vermutung aus, daß die Ursache hochfrequente Schwingungen seien und finden bei 0 bis 3 mm die „kritische Zone“, bei der sich die Schwingungen ausbilden.

Siehe auch Merkel, Annal. d. Phys., 43, S. 730; Stschodro, Annal. d. Phys., 27, S. 225, 1908; Duddell, Electric. 61, S. 796, 1908.

Eine solche „kurze Funkenstrecke" von nur Bruchteilen eines Millimeters bis zu einigen Millimetern im Gegensatz zu der „langen Funkenstrecke" von einigen Zentimetern Länge, wie in Vorschaltfunkenstrecken, wirkt wie ein Hochfrequenz-Schwingungsgenerator im Hochspannungskreise. Die vielfach nicht geringe, meist aber ausreichende Kapazität des Hochspannungsstromkreises ladet sich auf, bis der Funke zwischen der kurzen Funkenstrecke überschlägt. Damit setzen aber, da der Hochspannungskreis fast stets ein schwingungsfähiges System darstellt, hochfrequente Schwingungen ein, die meist derartig hohe Amplitudenwerte haben, daß keine der bekannten Ventileinrichtungen imstande ist, sie völlig zu verhindern. Man findet nicht selten Röntgenbetriebe, bei denen, um dieses vermeintliche Schließungslicht zu beseitigen, zu der einen vorhandenen Ventilröhre eine zweite eingeschaltet wurde. Und als dieses Mittel nicht half, wurde auch noch eine dritte Ventilröhre mit dem gleichen negativen Erfolge in den Stromkreis gelegt.

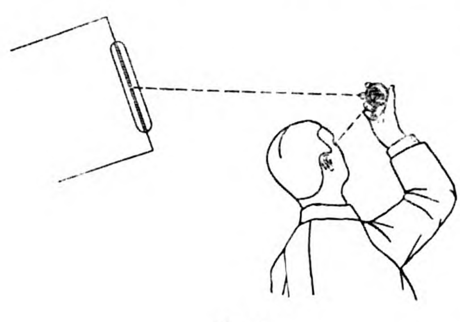

Fig. 3.

Diese Ausführungen lassen es auch recht erklärlich erscheinen, wenn man diesen Pseudoschließungsstrom selbst bei Gleichrichteranlagen gelegentlich findet, wenn auch der insgesamt nicht kurzen Funkenstrecken im Gleichrichter wegen weit seltener als bei Induktoranlagen.

Wahre Schließung ist in solchen Gleichrichteranlagen natürlich ausgeschlossen.

Die einzelnen Schwingungen selbst sind in der Glimmlichtröhre durch den drehbaren Spiegel nicht nachweisbar. Dazu müßte der drehbare Spiegel eine außerordentlich hohe Geschwindigkeit erhalten, die ihn in Stücke zerfliegen ließ, denn er müßte — je nach den Abmessungen der Anordnung — ungefähr an 5000 Umdrehungen in der Minute machen, damit man die Einzelschwingungen gut beobachten kann.

Solche Hochfrequenzschwingungen sind der Grundform des Röhrenstromes übergelagert und entnehmen die für ihr Zustandekommen und Bestehen notwendige Energie dieser Grundform, wodurch diese wieder sehr geschwächt, häufig sogar fast gänzlich aufgezehrt wird, wie Schmarotzer ihrem Wirte die Nahrungsenergie so zu entziehen vermögen, daß dieser eingeht. Man kann deshalb solche Ströme mit Recht „Schmarotzerströme" nennen.


Fig. 4.

Vermieden können solche Schmarotzerströme werden, indem man jeden schlechten Kontakt und jede „kurze Funkenstrecke" vermeidet. Man ist aber leider und mit Unrecht in Röhrenstromkreisen sehr leicht versucht, kurze Funkenstrecken und schlechte Kontakte unbekümmert bestehen zu lassen in der falschen Annahme, daß bei so großer Spannung mit vielen Zentimetern Überschlagsweite dem Strom das Überspringen eines z. B. halben Millimeters Luftraum keine Schwierigkeiten bereiten kann.

Stellen, an denen sich solche „kurze Funkenstrecken" leicht ausbilden können, sind die bekannten Hochspannungsumschalter, nicht völlig kurz geschlossene Vorschaltfunkenstrecken, deren rotes Glas die Entdeckung eines z. B. Halbmillimeterfünkchens noch sehr erschwert, unsichere Drahtverbindungen, Ventilröhrenschalter, selbst Abrisse der Platindrähte in den Glasdurchführungen der Röhren. Auch Unterbrechungen in den den Polen nahen Teilen der Sekundärwicklung des Induktors oder Transformators haben die gleiche üble Wirkung.

Fehlt zur Untersuchung der drehbare Spiegel, so kann man auch bei einiger Geschicklichkeit einen kleinen Taschen- oder Handspiegel mit der Hand schwingend hin und her drehen, in dem das zeitliche Zusammenfallen oder die Trennung von Schließungs- und Öffnungsimpuls festgestellt werden kann (Fig. 4).

Aus dem Gesagten geht die wichtige Forderung hervor: Man sollte es sich zum Prinzip machen, im Hochspannungskreise nur sorgfältige innige Kontakte zwischen sauberen Metallflächen anzuwenden. Ich schlage zu diesem Zwecke Steckkontakte vor, die natürlich nur einpolig auszuführen sind (Fig. 5) und welche normalisiert allgemein auch als Röhrenanschluß eingeführt, größere Bequemlichkeit und besseren, sichereren Betrieb mit sich bringen würden. Eine kleine Überwurfmutter gestattet die Verbindung zu einer dauernden, durch Zug nicht lösbaren zu machen. Bei vorübergehenden Verbindungen bleibt die Überwurfmutter unbenutzt.

Mit der geschilderten Wirkung hat die „lange Funkenstrecke", wie wir sie in altgewohnter und altbewährter Weise als Schließungsstromventil anwenden, nichts zu tun. Im Gegenteil, sie

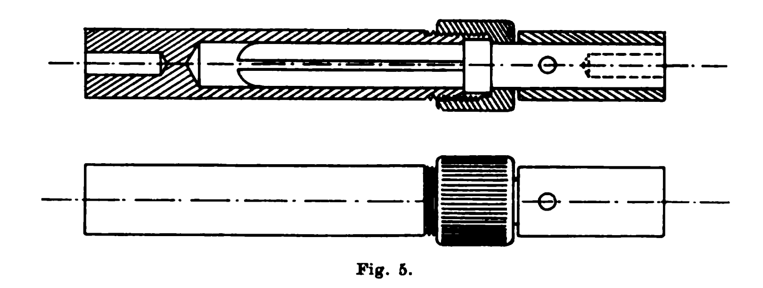


Fig. 5.

ist in einer Länge von 4—10 cm sehr wohl imstande, nicht allzu heftig auftretende Hochfrequenzschmarotzerströme zu beseitigen, was seine Erklärung in der Energiedämpfung findet, die in einer „langen" Funkenstrecke stattfindet.

Auch hohe Widerstände, z. B. Flüssigkeitswiderstände, sind imstande infolge der Dämpfung, die sie verursachen, die hochfrequenten Schwingungen in eine aperiodisch verlaufende Entladung umzuwandeln. Von diesem Mittel wird man aber der hohen, damit verknüpften Energievergeudung nicht leicht Gebrauch machen.

Zur Ehrenrettung sehr vieler Apparate sei bei dieser Gelegenheit ausdrücklich darauf hingewiesen, daß die Pseudoschließung absolut nichts zu tun hat mit der Güte des Apparates selbst. Das beste, ebenso das schlechteste Röntgeninstrumentarium ist der Pseudoschließung in gleicher Weise unterworfen. Es ist daher unrecht, bei auftretendem Schließungsstrom, der sich vielfach bei näherer Untersuchung als Pseudoschließung erweisen wird, kurzer Hand das Instrumentarium dafür verantwortlich zu machen.

Die Messung der Strahlenhärte mit dem Intensimeter.

Von

Dr. **Robert Fürstenau**, Berlin.

Der enge Zusammenhang, welcher zwischen dem in der täglichen Praxis gebräuchlichen Begriff der „Strahlenhärte" und dem physikalischen Absorptionskoeffizienten einer Röntgenstrahlung besteht, ist zur Genüge bekannt. Ebenso wie der „Härtegrad" bei inhomogener Strahlung einen Mittelwert, gebildet aus den einzelnen Härtegraden der Komponenten des Strahlengemisches, darstellt, welchen uns die konventionellen Skalen anzeigen, läßt sich auch aus den einzelnen Absorptionskoeffizienten der Strahlenanteile ein mittlerer Absorptionskoeffizient finden, dessen Wert mit dem mittleren Härtegrad parallel verläuft. Mit dem gleichen Erfolge also, mit welchem man den mittleren Härtegrad zur Charakterisierung der Strahlenqualität benutzt, könnte man auch den mittleren Absorptionskoeffizienten oder die aus dem

letzteren abgeleitete Halbwertschicht als Maß benutzen. Von vornherein wäre es ja überhaupt richtiger gewesen, auch im praktischen Röntgenbetrieb die Durchdringungsfähigkeit einer Strahlung eben durch ihren Absorptionskoeffizienten zu bezeichnen, jedoch das frühere Fehlen einer praktisch brauchbaren Methode zur Messung des Absorptionskoeffizienten einerseits, sowie die für den täglichen Gebrauch etwas unbequemen Zahlenwerte des Absorptionskoeffizienten andererseits haben es wohl herbeigeführt, daß man an die Stelle dieser Einheit die gebräuchlichen Härteeinheiten gesetzt hat.

Heute verfügen wir nun über eine Methode, die uns in durchaus objektiver Weise — durch Zeigerausschlag an einer Skala — über alle Absorptionsverhältnisse an einer Strahlung schnell und sicher Aufschluß gibt; ich meine die Messung mit dem Intensimeter. Die Art der Anwendung des Intensimeters für die therapeutische Dosierung, die Feststellung applizierter Strahlenmengen also, sowie auch seine Anwendung bei der Ausführung von Absorptionsmessungen ist den Lesern dieser Zeitschrift aus der Arbeit: „Absorptionsmessungen mit dem Fürstenauschen Intensimeter“ von Dr. Immelmann und Dr. Schütze, Fortschritte XXII, bekannt. In dieser Arbeit sind eine Reihe von Absorptionskurven, gewonnen an den verschiedensten absorbierenden Materialien, wie Aluminium, Staniol, Blei usw. wiedergegeben worden, und es wurde in dieser Arbeit bereits ebenfalls gezeigt, wie man durch Ermittelung des Absorptionskoeffizienten von Schichtdicke zu Schichtdicke seinen mit zunehmender Filtration abnehmenden zahlenmäßigen Wert ermitteln und auf diese Weise die fortschreitende Homogenisierung des Strahlenbündels kontrollieren kann. Auch Fritz M. Meyer[1]) hat bereits darauf hingewiesen, daß das Intensimeter die Möglichkeit bietet, einfach durch Ablesung an seiner Skala den Betrag der Absorption in irgendeinem Medium und damit zugleich ein entsprechendes Maß für den Härtegrad zu gewinnen. Eine direkte zahlenmäßige Ermittelung des Absorptionskoeffizienten aus den Intensimeterangaben findet sich insbesondere in der vorher erwähnten Arbeit von Immelmann und Schütze (vgl. Fig. 8 jener Arbeit). Der Absorptionskoeffizient ist dort auf 0,4 mm Aluminium bezogen, weil dies für die ausgeführten Messungen am einfachsten war, während man sonst im allgemeinen den Absorptionskoeffizienten auf 1 mm Aluminium bezieht.

Ist es nun mit dem Intensimeter möglich, durch einen einfachen Meßvorgang den Absorptionskoeffizienten einer beliebigen Strahlung oder, für die Praxis wichtiger, gleich direkt den Härtegrad der Strahlung in einer beliebigen der gebräuchlichen konventionellen Einheiten (Walter, Wehnelt, Benoist) ohne Umrechnungen usw. zu ermitteln, und zwar, wie es im Wesen des Intensimeters liegt, objektiv durch Zeigerausschlag an strahlengeschützter Stelle ablesbar? Zur Beantwortung dieser Frage wurde eine umfangreiche Reihe von Versuchen in der Weise ausgeführt, daß an einer größeren Anzahl von Röhren der verschiedensten Härtegrade, ferner bei verschiedenen Belastungen und an verschiedenen Apparatetypen die Strahlenabsorption in 1, 2 und 3 mm Aluminium ihrem Betrage nach mit dem Intensimeter gemessen wurde. Es wurde also die Auffangedose des Intensimeters dem zu messenden Strahlenbündel in einer beliebigen Entfernung ausgesetzt und der Ausschlag am Intensimeter abgelesen. Darauf wurde die Auffangedose abwechselnd mit Aluminiumfiltern von 1, 2 und 3 mm Dicke bedeckt, und es werden die nunmehr resultierenden Ausschläge ermittelt. Zwischen den einzelnen Filtermessungen und vor allem am Schluß derselben wurde nochmals eine Messung ohne Filter angestellt, um die Sicherheit dafür zu haben, daß die Strahlenverhältnisse sich während der im übrigen ja nur sehr kurzen Einzelversuchsdauer nicht geändert hatten. Einige derartiger Versuchsreihen seien im nachstehenden wiedergegeben:

---

[1]) Das Fürstenausche Intensimeter, Strahlentherapie VII, 1, 1916.

Tabelle 1.

Filter (mm) Aluminium	Skalenteile (mm) des Intensimeters				
0	40	29	32	55	14 1/2
1	27	17	22	44	13
0	40	29 1/2	32	55	15
2	20 1/2	12 1/2	17	38	11
0	40	29	32	56	14 1/2
3	12	7 1/2	11	29	9
0	40	29	32	56	14 1/2

Man sieht aus diesen willkürlich aus dem vorliegenden Versuchsmaterial herausgegriffenen Zahlenreihen, daß es ohne jede Schwierigkeit gelingt, konstante Verhältnisse aufrecht zu erhalten, so daß es aus den am Intensimeter abgelesenen Größen möglich ist, die Absorptionskoeffizienten der betreffenden Strahlung, bezogen auf die verschiedenen Filterdicken, zu ermitteln.

Gleichzeitig mit diesen Messungen wurde nun jedesmal die Wirkung des untersuchten Strahlenbündels in der gleichen Entfernung wie die Auffangedose des Intensimeters photographiert, indem sowohl eine Benoistskala, als auch eine Wehneltskala, auf der Platte liegend, den Strahlen ausgesetzt wurde. Aus den entwickelten und fixierten Platten wurde dann, sobald sie trocken waren, der Härtegrad in Wehnelt- und Benoisteinheiten von verschiedenen Personen abgelesen und der Mittelwert aus den Ablesungen gebildet. Als Resultat erhielt man folgende Tabelle, in welcher nebeneinander aufgeführt sind: Der jeweils photographisch fixierte Härtegrad in Benoisteinheiten und der prozentuale Verlust an Strahlenmenge in den drei Filterdicken, ermittelt aus den Intensimeterausschlägen:

Tabelle 2.

Härte in Benoist-einheiten (photographisch)	Prozentualer Absorptionsverlust in		
	1 mm Al.	2 mm Al.	3 mm Al.
3	76	84,5	93
3,5	72	82,5	92
4	68	80	90,5
4,5	62,5	76,5	88,5
5	57,5	72,5	86
5,5	52,5	68	83,5
6	47	63	79
6,5	42	58	74,5
7	36,5	53,5	70
7,5	31,5	49	65
8	27	44	60
8,5	22,5	39,5	55
9	19	34,5	50,5
9,5	15,5	30	45,5
10	13,5	25,5	40,5

Trägt man diese Werte in der Weise in ein Koordinatensystem ein, daß man die Strahlenhärte in Benoist als Abszisse und den prozentualen Absorptionsverlust als Ordinate wählt, so erhält man nachstehendes Bild (Fig. 1). Man sieht also, daß sich 3 Kurven: Kurve A (1 mm), Kurve B (2 mm) und Kurve C (3 mm) ergeben, welche genau in der Weise einander parallel verlaufen, wie dies zu erwarten ist, wenn es möglich ist, mit dem Intensimeter den Härtegrad zu bestimmen. Man sieht des ferneren, daß zwischen den Einheiten der Benoistskala und der Größe des prozentualen Absorptionsverlustes eine außerordentlich einfache Gesetzmäßigkeit besteht, die sich durch den geradlinigen Verlauf der diese Beziehung wiedergebenden Kurven widerspiegelt; bei den Härtegraden unterhalb 5 Benoist müssen, wie man leicht einsieht, die

Kurven aus der geneigten Lage sich allmählich der Horizontalen zu nähern suchen, und zwar die am höchsten liegende Kurve, die also für 3 mm Aluminium (C) am stärksten, weil der Endpunkt der Kurve für den (theoretischen) Härtegrad 0 im Absorptionswerte $100\,^0/_0$ liegen muß. Aus den experimentell gewonnenen Kurven erkennt man in der Tat deutlich die sichtbare Andeutung dieses Verlaufs, ebenso wie man aus der unteren Kurve A bei dem Härtegrad 10 **Benoist** bereits ein leichtes Umbiegen in die Horizontale bemerkt, welches seine physikalische Ursache darin hat, daß bei weiterem geradlinigen Verlauf die Absorption bei einem endlichen Härtegrad $= 0$ werden würde, was aber in Wahrheit natürlich nur bei dem (theoretischen) Härtegrad ∞ eintreten könnte. Es müssen also die Kurven A, B und C aus ihrer Neigung sich asymptotisch der X-Achse des gewählten Koordinatensystems nähern; die ersten Anzeichen für eine solche Umbiegung der Kurve wird man aber natürlich bei der zu unterst liegenden Kurve (A) zu erwarten haben, was, wie man sieht, ebenfalls wieder durch den experimentellen Befund bestätigt wird. Nach vorstehenden experimentellen Ergebnissen steht mithin dem nichts im Wege, aus der Absorption der Strahlen in beispielsweise 1 mm Aluminium durch ihre Messung mittels des Intensimeters den Härtegrad in **Benoist** oder durch Vergleich dieser Skalen unter sich, in **Walter-** oder **Wehnelteinheiten** festzustellen. Es handelt sich mithin nur noch darum, die Ausführung dieser Intensimetermessung und ihre zahlenmäßige Auswertung in eine so einfache technische Form zu bringen, daß sie ohne Mühe und ohne besondere Vorkenntnisse von jedem und zu jeder Zeit schnell und sicher vorgenommen werden kann. Dies ist erreicht worden durch die Herstellung einer einfachen kleinen Zusatzvorrichtung, welche man neben dem Intensimeter aufhängt und so zur Härtemessung stets zur Hand hat. Im Prinzip ist diese Vorrichtung, deren Schema in Fig. 2 abgebildet ist, nichts weiter als ein Schiebelineal, welches die beiden nach Intensimetereinheiten eingeteilten Skalen b und c enthält. Die Skala b ist durch den Handgriff e gegen die feste Skala c verschiebbar, so daß man also durch Verschiebung des Handgriffes e beliebige Zahlenwerte der beiden Skalen miteinander zur Deckung bringen kann. Mit der verschiebbaren Skala b fest verbunden ist ein Zeiger d, welcher beim Hin- und Herschieben der Skala b über der zur Ablesung dienenden Härteskala a hin und her gleitet. Die Härteskala a ist um ihre Achse drehbar; sie besteht aus einem vierseitigen Prisma, welches auf jeder dieser 4 Seiten eine Härteeinteilung, und zwar nach **Benoist-**, **Walter-**, **Wehnelt-** und Absorptionseinheiten enthält. Bei der Drehung erscheint je nach Wunsch eine dieser 4 Skalen vor dem Zeiger, so daß jeder entsprechend seiner persönlichen Gewohnheit an der einen oder der anderen Skala abzulesen vermag. Die Ausführung einer Härtemessung gestaltet sich nun sehr einfach: Die Auffangedose des Intensimeters wird in den Strahlengang der Röhre gebracht, die Röhre eingeschaltet und die F-Zahl auf dem Intensimeter abgelesen. Darauf bedeckt man die Auffangedose mit einem 1 mm-Aluminiumfilter und liest die jetzt vorhandene F-Zahl ab. Damit ist die Messung beendet, denn nun bringt man einfach durch Verschiebung des Handgriffes e die beiden abgelesenen F-Zahlen auf den Skalen b und c miteinander zur Deckung, in welcher Stellung dann der Zeiger d direkt den Härtegrad in den gewünschten **Walter-**, **Benoist-**, **Wehnelt-** oder Absorptionseinheiten anzeigt.

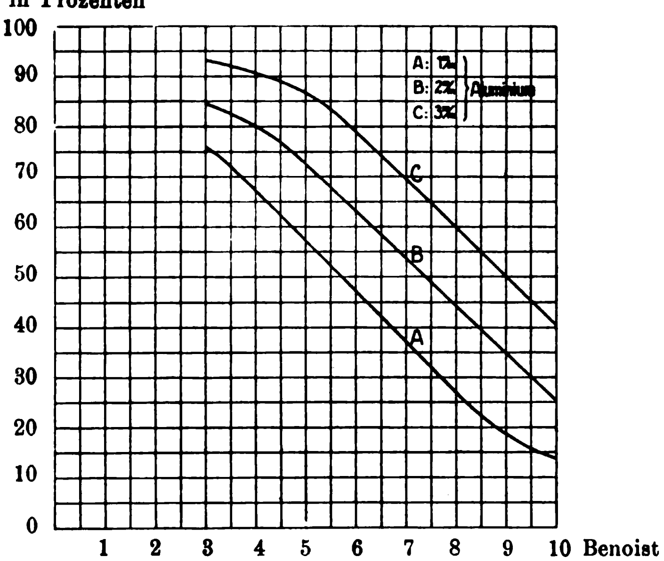


Fig. 1.

Diese Härtemessung ist genau, objektiv ablesbar, und was ich praktisch vor allem für wichtig halte, sie ist jederzeit im nichtverdunkelten Raum auszuführen. Die Ablesung geschieht an strahlengeschützter Stelle; irgend welche Übung im Ablesen, wie bei den konventionellen Skalen ist infolge der Ablesung an Zeiger und Skala und der damit bewirkten Ausschaltung aller subjektiven Fehlereinflüsse unnötig. Die praktische Handhabung der Skala zeigt Fig. 3.

Der Vergleich zwischen Benoist- und Wehneltskala ist, wie bereits oben angedeutet, photographisch ausgeführt worden, die dazugehörigen Waltereinheiten sind durch die übliche Ablesung an der Walterskala gewonnen worden. Die auf dem Härtemesser als vierte Skala befindliche Absorptionsskala ist im Anschluß an den physikalischen Absorptions-Koeffizienten so in 10 Einheiten eingeteilt worden, daß ihre Zahl angibt, ein wie großer Betrag der Strahlung von 1 mm Aluminium hindurchgelassen wird. Die Zahl 4 dieser Skala bedeutet also beispielsweise, daß von 10 Teilen 4 hindurchgelassen und somit 6 absorbiert werden, die Zahl 9 bedeutet, daß von 10 Teilen 9 hindurchgelassen und nur einer absorbiert wird. Die Zahlen steigen also mit wachsendem Härtegrade an, und da sie einerseits in einem unmittelbaren direkten Verhältnis zum physikalischen Absorptions-Koeffizienten stehen, andererseits jedoch ein ungemein anschauliches Bild von der Strahlenqualität darbieten, so bin ich der Meinung, daß man sie mit recht großem Nutzen als Härte-Einheiten wird verwenden können. Anschaulicher nämlich kann man wohl kaum die Qualität einer Strahlung darstellen, als daß man durch eine einfache Zahl angibt, welcher Bruchteil von ihr in einem Einheitsmaterial (1 mm Aluminium) zur Absorption gelangt resp. hindurchgelassen wird.

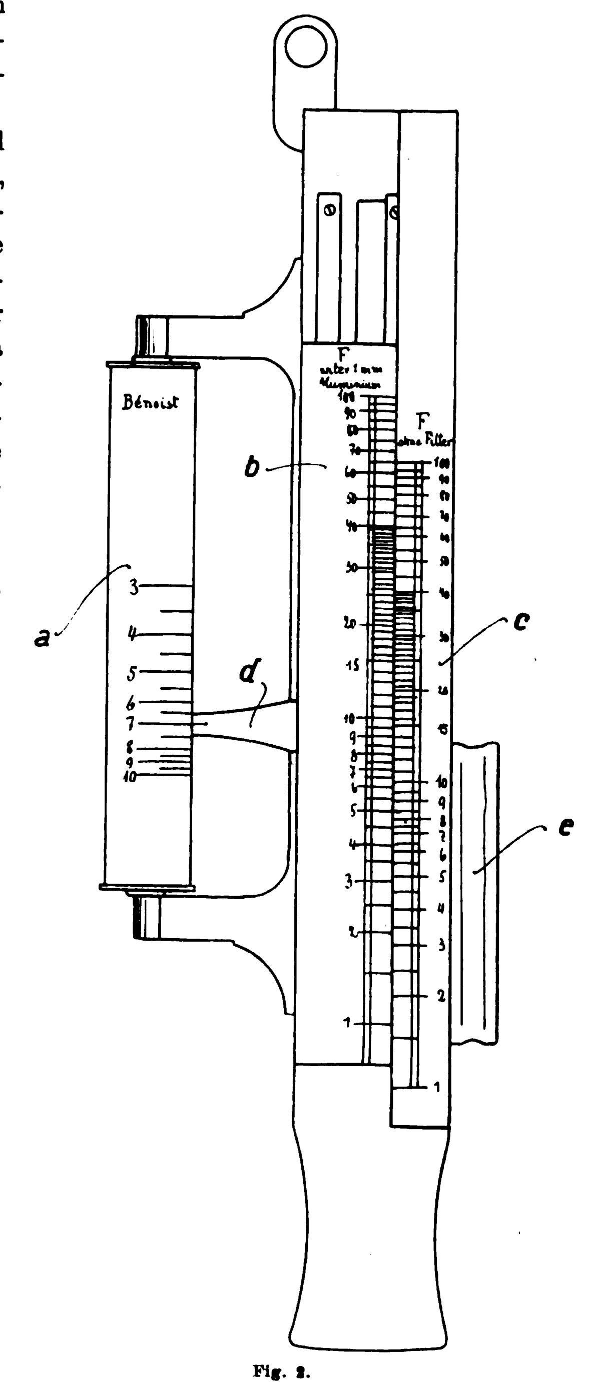


Fig. 3.

Nur nebenher will ich erwähnen, daß der positive Ausfall der oben geschilderten Messungen einen experimentellen Beweis für die Tatsache bildet, daß das Intensimeter Intensitätsangaben macht und nicht Dosen anzeigt, eine für die praktische Anwendung übrigens ganz belanglose Frage, die aber bei theoretischen Erörterungen über das Intensimeterprinzip mehrfach in die Diskussion hineingezogen worden ist. Belanglos ist sie deshalb, weil die Praxis letzten Endes nur ein Interesse daran hat, zu wissen, in welchem Zusammenhange die mit dem Dosierungsinstrument gemessenen Einheiten mit dem von den gemessenen Strahlen hervorgerufenen biologischen Effekt stehen, und ob man mit der gleichen am Instrument abgelesenen

Strahlenmenge (oder Dosis) bei entsprechender Strahlenhärte stets den gleichen biologischen oder vielleicht sogar therapeutischen Effekt erzielt; denn dann gewährt uns das Instrument eine absolute Sicherheit in der Dosierung unserer Strahlen. Daß das Intensimeter wirklich diesem Zweck in vollem Umfange gerecht wird, haben die Erfahrungen der letzten Jahre gezeigt. Die Frage, ob die Umsetzung der Röntgenenergie innerhalb der Selenzelle proportional der Intensität oder der Dosis vor sich geht, hat jedoch mit dieser therapeutisch-praktischen Seite der Angelegenheit nichts zu tun, und sie hat nur ganz untergeordnetes theoretisches Interesse insofern, als über den weiteren Verlauf der Energieumwandlung und seinen Zusammenhang mit der Größe der Widerstandsveränderung der Selenzelle nichts ausgesagt werden kann, aber auch nichts ausgesagt zu werden braucht. Würde das Endresultat dieser Umsetzungen nicht der Intensität, sondern der Dosis proportional sein, so würde bei den oben geschilderten Versuchen der Strahlenabsorptionskoeffizient bei gefilterter und ungefilterter Strahlung aus den Gleichungen nicht in der Weise herausfallen, daß eine Gesetzmäßigkeit, wie sie gefunden wurde, zwischen Intensimeterangabe (Absorptionsverlust) und Strahlenhärte, übrigbleibt, sondern es würde hinzukommen der neue für die durch Aluminium gefilterte Strahlung gültige Absorptionskoeffizient für Selen, da dieser einen anderen Wert haben würde als der ohne Aluminiumfilterung gültige. Es käme bei der Division der beiden Gleichungen (gefiltert und ungefiltert) ein Quotient aus zwei Absorptionskoeffizienten hinzu, der offenbar nach den oben geschilderten experimentellen Resultaten tatsächlich nicht vorhanden ist.

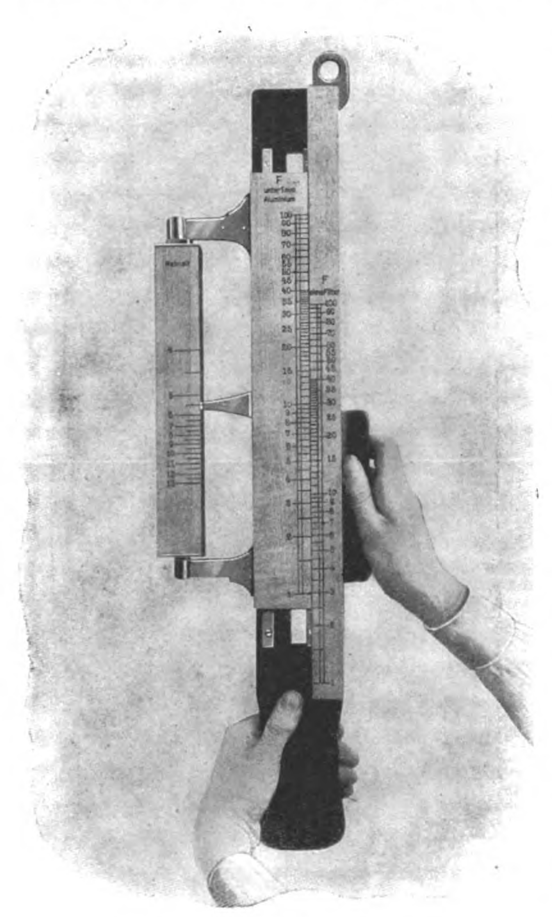


Fig. 3.

Zusammenfassung.

Mit Hilfe des Intensimeters läßt sich neben der therapeutischen Strahlendosierung auch die zahlenmäßige Größe der Strahlenhärte durch Messung der Absorption in 1 mm Aluminium bestimmen, und zwar mit Hilfe einer einfachen Zusatzvorrichtung, welche den Härtegrad der Strahlen, objektiv an Zeiger und Skala ablesbar, an strahlengeschützter Stelle je nach Wunsch in Walter-, Wehnelt-, Benoist- oder Absorptionseinheiten anzeigt.

Berlin, im Oktober 1916.

Bemerkungen zu der Arbeit von R. Glocker: **Eine neue Methode zur Intensitäts- und Härtebestimmung von Röntgenstrahlen** (diese Zeitschrift, Bd. XXIV).

Von

Dr. H. E. **Schmidt**-Berlin.

Der genial erdachte „Analysator“ Glockers bedeutet zweifellos einen gewaltigen Fortschritt, da er uns ermöglicht, das Strahlengemisch unserer Röhren zu zerlegen und uns über den Anteil an harten, mittelweichen und weichen Strahlen zu orientieren.

Nur scheinen mir einige von den schönen Versuchen Glockers eine andere Deutung zuzulassen, als sie der Autor gibt.

Wenn wir Fig. 1 und Fig. 2 der Tafel VIII betrachten, die das „Spektrum“ von zwei Strahlengemischen, deren mittlere Härte $5^1/_2$—6 Benoist betrug, darstellen, so kann ich nicht finden, daß die Analyse erhebliche Differenzen zeigt, wie das der Autor meint. Die beiden untersten Felder der Fig. 1 scheinen mir nicht gleich stark geschwärzt, sondern auch in Fig. 1 ist das unterste Feld etwas weniger geschwärzt als das darüber befindliche — genau so wie in Fig. 2. Auch die übrigen Felder lassen in Fig. 1 und 2 keineswegs erhebliche Differenzen erkennen. So ist auch in Fig. 2 das zweite Feld (von oben gerechnet) entschieden dunkler als das dritte — genau so wie in Fig. 1.

Das Spektrum beider Figuren ist — entsprechend der mittleren Härte beider Strahlengemische von $5^1/_2$—6 Benoist — ziemlich gleich, nur erscheinen alle Felder auf Fig. 1 eine Nuance dunkler als auf Fig. 2.

Das erklärt sich wohl daraus, daß Fig. 1 das Spektrum einer ungefilterten, Fig. 2 aber das Spektrum einer gefilterten Strahlung (beider von der mittleren Härte $5^1/_2$—6 Benoist) darstellt.

Der experimentelle Beweis für die Behauptung, daß zwei Strahlungen trotz gleicher mittlerer Härte verschieden zusammengesetzt sein können, scheint mir durch diese Spektren nicht erbracht; sie sprechen eher für das Gegenteil!

Außerdem müßte man nicht eine gefilterte und eine ungefilterte, sondern entweder zwei gefilterte oder zwei ungefilterte Strahlungen von gleicher mittlerer Härte miteinander vergleichen. Erst wenn dann die Analyse erhebliche Differenzen der Spektren ergeben sollte, wäre die Behauptung des Autors bewiesen.

Von vornherein erscheint mir eine verschiedene Zusammensetzung bei gleicher mittlerer Härte nicht sehr wahrscheinlich. Sonst müßten wir bei unserer immerhin ziemlich groben Dosierung, z. B. bei meiner Methode der Bestrahlung mit geeichten Röhren von stets gleicher mittlerer Härte bei stets gleicher Belastung häufig unerwartete Hautreaktionen erleben. Auf Grund einer über zehnjährigen klinischen Erfahrung kann ich aber versichern, daß dies nicht der Fall ist.

Ferner kann ich der Deutung der Fig. 3 und 4 auf Tafel VIII nicht beistimmen. Die beiden obersten Felder sind wohl gleich stark geschwärzt. Daß aber die folgenden Felder der Fig. 4 immer schwächer als die entsprechenden der Fig. 3 sein sollen, stimmt ganz sicher nicht. Gerade das Umgekehrte ist der Fall: in Fig. 3 sind die folgenden Felder immer schwächer. Die Fig. 3 würde also das für Tiefentherapie günstigere Spektrum darstellen.

Oder liegt hier ein Irrtum vor? Stellt Fig. 3 das Spektrum der durch 0,5 mm Zink gefilterten und Fig. 4 das Spektrum der durch 3 mm Aluminium gefilterten Strahlung dar? Dann würde der Versuch allerdings entschieden für das Zinkfilter sprechen.

Aus dem Radiologischen Institut (Vorstand: Professor R. Kienböck) der Allgemeinen Poliklinik in Wien.

Ein Fall von infantiler Polyarthritis chronica mit Hypoplasie der Röhrenknochen und Halswirbel.

Von

Dr. phil. u. med. **Hermann Algyogyi.**

(Hierzu Tafel XXII, Figur 1a bis 3a, und Tafel XXIII.)

An unserer Abteilung wurde ein bemerkenswerter Fall von chronischem Gelenkrheumatismus beobachtet, mit Beginn in der Kindheit, Rezidiven durch mehrere Jahre, dann Ausheilung der Entzündungsprozesse, aber mit Zurückbleiben bedeutender Veränderungen an vielen Gelenken, ganz besonders der Oberextremitäten und an der Wirbelsäule.

Der Fall wurde bereits von mir in der Gesellschaft für innere Medizin und Kinderheilkunde in Wien am 1. IV. 1909 demonstriert. (Vgl. Mitteilungen der Gesellschaft.)

Beobachtung.

Pauline N., 20 Jahre alt, Näherin.

Krankengeschichte. Die Eltern leben und sind gesund. Von neun Geschwistern leben fünf und sind gesund; die übrigen sind an verschiedenen, der Patientin und ihrer Mutter unbekannten Krankheiten gestorben. In der Familie scheint keine „gichtische Diathese" zu bestehen.

Die Patientin ist das achte Kind und ist gesund und ohne Kunsthilfe zur Welt gekommen. Im Säuglingsalter hat sie angeblich keinerlei Krankheiten durchgemacht. Mit 16 Monaten hat sie Gehen gelernt. Im Alter von zwei Jahren hat sie durch acht Tage „Fraißen" (Zuckungen und Krämpfe) gehabt; ob damals eine fieberhafte Erkrankung vorlag, daran weiß sich die Mutter der Patientin nicht mehr zu erinnern. An „englischer Krankheit" hat die Patientin nach der Versicherung ihrer Mutter bestimmt nicht gelitten. Von Kinderkrankheiten soll sie bloß Masern im Alter von vier Jahren durchgemacht haben und im übrigen ursprünglich stets gesund und ihrem Alter entsprechend entwickelt gewesen sein.

Mit 6 Jahren stellten sich allmählich, angeblich ohne Fieber, heftige Schmerzen in den meisten Gelenken des Körpers ein, wobei die Halswirbelsäule, die Schultergelenke, die Ellbogen-, Hand- und Fingergelenke, sowie die Knie-, Fuß- und Zehengelenke beiderseits ergriffen wurden. Periartikuläre Schwellung soll, wenn überhaupt, nur geringgradig gewesen sein. Die zu Rate gezogenen Ärzte stellten die Diagnose „Gicht". Die Patientin konnte infolge der Beschwerden die Schule drei Monate hindurch nicht besuchen. Dabei lag sie tagsüber nicht ununterbrochen zu Bette, sondern ging zeitweise wenngleich mühsam im Zimmer herum.

Die Schmerzanfälle rezidivierten auch in den beiden folgenden Jahren, weshalb sie zweimal durch einige Monate der Schule fernbleiben mußte; doch wurden die Anfälle immer leichter. Mit dem 9. Lebensjahre hörten die Schmerzanfälle ganz auf, so daß die Patientin fortan die Schule regelmäßig besuchen konnte; auch hat sie seither keinerlei Krankheit durchgemacht. Die Periode ist mit 14 Jahren eingetreten und ist seither stets regelmäßig.

Patientin klagt derzeit, abgesehen von der verminderten Beweglichkeit in den Gelenken der Extremitäten, über Steifigkeit in der Halswirbelsäule und anhaltende stechende Schmerzen in der Gegend des 6. und 7. Halswirbels. Nur bei ungünstigem Wetter stellen sich auch ziehende Schmerzen in den übrigen Gelenken ein.

Klinischer Befund am 3. II. 1909. Patientin ist von kleinem Wuchs und sehr grazilem Knochenbau. Die Körperlänge beträgt bloß 148 cm (die Eltern sind mittelgroß, die Geschwister sogar hochgewachsen, speziell auch die jüngste, kaum 16 Jahre alte Schwester) Das Fettpolster ist gut entwickelt. Vasomotorische Störungen bestehen nicht. Die Farbe der allgemeinen Decke sowie der Schleimhäute ist normal. Körpertemperatur nicht erhöht.

Die Sensibilität ist im Bereiche des ganzen Körpers in allen Qualitäten (Berührung, Schmerz, Temperatur, tiefe Sensibilität) normal.

Reflexe. Der Patellarreflex ist beiderseits lebhaft; die Plantarreflexe, Achillessehnenreflexe, Triceps-Bicepsreflexe, sowie die Periostreflexe sind normal auslösbar.

Die Intelligenz ist nicht herabgesetzt.

Der Kopf ist dolichozephal. Kopfmaße. Horizontalumfang 53 cm. Bitemporaler Durchmesser $11^1/_4$ cm. Biparietaler Durchmesser 16 cm Entfernung. Hinterhauptkinn 21 cm. Kinnhaargrenze $17^1/_2$ cm. Nase (gemessen vom Nasensattel bis zum Nasenstachel) $4^1/_2$ cm.

Das Gesicht ist asymmetrisch, und zwar zu ungunsten der rechten Seite. Die Ohren sind klein, das rechte Ohr steht tiefer als das linke, die Ohrläppchen sind beiderseits angewachsen. Die Lidspalten sind gleichweit, die Augäpfel stehen nicht hervor, die Bewegungen derselben sind nach allen Seiten frei.



Fig. 1.



Fig. 2.

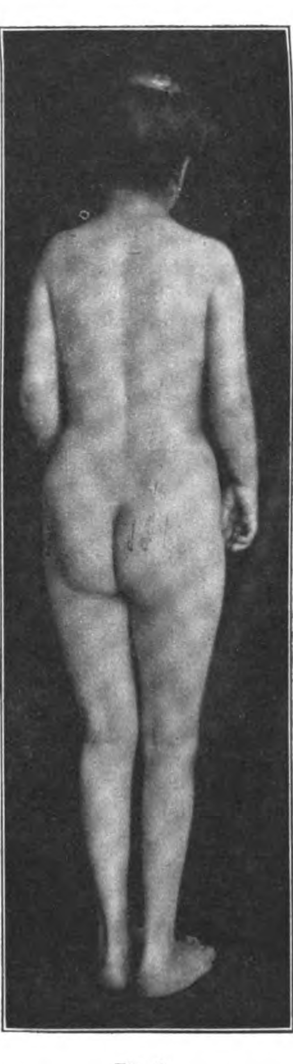


Fig. 3.

Figur 1 bis 3. Photographie der frei stehenden Kranken in drei Stellungen. Wirbelsäule etwas steif, Lendenlordose vermehrt, Nacken ganz steif, Hals verkürzt, Arme verkleinert und verkürzt.

Die Pupillen sind gleichweit und reagieren prompt sowohl auf Licht als auch auf Akkomodation und Konvergenz. Sehschärfe und Augenhintergrund sind normal (Untersuchung von Prof. v. Reuß). Im Bereiche des Trigeminus und des Fazialis ist nichts Abnormes nachweisbar. Der Geruch ist normal. Das Gebiß ist etwas defekt, die oberen Zähne sind fast alle kariös, sie weisen aber keine rachitischen Merkmale auf. Die Kiefergelenke sind in ihrer Beweglichkeit nicht beschränkt. Der Unterkiefer ist nicht zu klein. Die Zunge wird gerade vorgestreckt; Sensibilität und Geschmack sind nicht gestört. Das Gaumensegel wird beim Anlauten gut gehoben; das Zäpfchen ist gerade gerichtet, der Gaumenreflex etwas herabgesetzt, der Rachenreflex normal.

Die Kopfhaltung ist steif, der Kopf ist nach vorne und etwas nach unten gerichtet Die Beugung des Kopfes ist fast bis zur Berührung des Kinns mit der Brust möglich. Die Rückwärtsbewegung des Kopfes ist vollkommen aufgehoben, ebenso die Drehung des Kopfes nach rechts; dagegen ist die Drehung des Kopfes nach links in allerdings sehr beschränktem Maße ausführbar.

Der Hals ist sehr kurz. Die Dornfortsätze des 6. und 7. Halswirbels sind auf Druck schmerzhaft. Die M. sternocleidomastoidei und scaleni fühlen sich beiderseits als ziemlich straffe Stränge an. Die Schilddrüse ist tastbar, nicht vergrößert.

Der Thorax ist normal gebaut; kein rachitischer Rosenkranz. Respiration kostoabdominal, keine Einschränkung der Bewegungen. Quere Breite des Thorax in Mamillarhöhe $22^1/_2$ cm. Biakromialdistanz $26^1/_2$ cm. Thoraxorgane. Über der Lunge ist perkuttorisch überall heller, voller Schall und auskultatorisch normales Vesikuläratmen wahrnehmbar. Die Herzdämpfung ist nicht verbreitert, die Herztöne sind rein; keine Geräusche, keine Akzentuation. Puls normal. Pulsfrequenz 80.

Die physiologische Kyphose der oberen Brustwirbelsäule ist etwas vermehrt. Die Bewegungen in der Brust- und Lendenwirbelsäule sind nur wenig gestört.

Der Bauch liegt im Niveau des Thorax, die Bauchdeckenreflexe sind lebhaft, die Bauchorgane sind normal. Appetit und Stuhl sind in Ordnung. Blasen- und Mastdarmstörungen bestehen nicht. Die Schamhaare sind gut entwickelt; das Genitale ist virginal, nicht hypoplastisch. Der Urin wird in normaler Menge ausgeschieden, spezifisches Gewicht 1030. Die Analyse ergibt nach der Untersuchung von Prof. v. Mautner normalen Befund; mikroskopisch findet sich ein mäßig starkes Sediment aus etwas vermehrten Leukozyten, Epithelzellen und Harnsäurekristallen.

Becken. Die Darmbeinkämme laden seitlich nur wenig aus.

Beckenmasse.	Distanz der Spinae	23 cm
	„ „ Cristae	26 „
	„ „ Trochanteren	28 „

Die Schultern stehen beiderseits in gleicher Höhe; die Hebung derselben ist ungestört. Die Schultergelenke sind nicht aufgetrieben.

Die beiden Arme sind sehr verkürzt und verdünnt, die Verdünnung betrifft nicht bloß die Weichteile, sondern auch die Knochen; die genauen Maße siehe weiter unten.

Oberarme. Die Hebung derselben nach vorne wird beiderseits bloß etwas über die Horizontale ausgeführt; Adduktion und Abduktion sind beiderseits ungestört. Die Rückwärtsbewegung des rechten Oberarmes ist etwas eingeschränkt; dementsprechend ist die Überkreuzung hinten nur mit dem linken Arme möglich. Vorne wird die Überkreuzung mit beiden Armen gut ausgeführt. Bei den Bewegungen in den Schultergelenken sind keine knarrenden Geräusche vernehmbar.

Die Ellbogengelenke sind nicht aufgetrieben.

Die Unterarme befinden sich im Ellbogengelenk beiderseits in leichter Beugestellung; die weitere Beugung ist gut ausführbar, während die Streckung eingeschränkt ist, und zwar rechts bis zu einem Winkel von 130° und links bloß bis zu 120° möglich.

Die distalen Enden des Radius und der Ulna sind beiderseits verdickt, ferner sind die Handwurzelgegenden etwas aufgetrieben, rechts mehr als links.

Die Hände sind sehr klein und entsprechen in ihrer Größe etwa den Händen eines 13jährigen Mädchens. Die im folgenden angegebenen Veränderungen und Störungen sind beiderseits fast die gleichen. Die Hände werden in Volarbeugung gehalten. Die Handmuskeln sind atrophisch, und zwar besonders links. Die Streckung der Hand ist links nur bis zur Horizontalen ausführbar, rechts noch mehr eingeschränkt, die Dorsalbewegung der Hände ist also unmöglich; die stärkere Volarbeugung ist etwas eingeschränkt. Die Pronation der Hände ist beeinträchtigt, während die Supination fast vollkommen aufgehoben ist. Die Ulnar- und Radialbewegung der Hände ist stark eingeschränkt.

Die Fingergelenke sind etwas verdickt, besonders an den zweiten Interphalangealgelenken. In den Grundgelenken der Finger ist die Streckung und Beugung erheblich eingeschränkt, so daß die Faustbildung nicht möglich ist. Beim Faustschluß bleiben die Fingerkuppen 2 bis 3 cm von der Hohlhand entfernt. Die Daumen befinden sich in Überstreckung, rechts mehr als links. Rechts ist Beugung fast ganz aufgehoben, während sie am linken Daumen in geringem Grade ausführbar ist. Die Opposition von Daumen und Zeigefinger ist ungestört.

Die Hüftgelenke sind anscheinend nicht aufgetrieben; die Bewegungen derselben (Streckung und Beugung, Adduktion und Abduktion, Innen- und Außenrotation) sind sowohl aktiv als auch passiv ziemlich gut und ohne Schmerzen ausführbar.

Die Kniegelenke sind nicht aufgetrieben; die Streckung ist fast ungestört, die Beugung jedoch ist beträchtlich beschränkt, und zwar bloß bis zu einem Winkel von 70° möglich. Im Bereiche der Unterschenkel ist die Muskulatur sehr schwach entwickelt, namentlich sind die Waden dünn. Verbiegungen oder Verkrümmungen der Ober- und Unterschenkel bestehen nicht.

An den Fußgelenken ist sowohl die äußere als auch die innere Knöchelgegend etwas aufgetrieben. Die Dorsal- und Plantarbewegung ist in nur sehr geringem Grade eingeschränkt.

Die Füße sind erheblich verkürzt und befinden sich in Plattfußstellung. Die Großzehen sind mit den Enden stark aufwärts gerichtet und liegen außerdem in starker Valgusstellung, der linken Großzehe liegen drei Zehen, der rechten zwei Zehen auf. (Die Patientin hat nie enges Schuhwerk getragen.) Die Volarbeugung der Großzehen ist aufgehoben, die Dorsalbewegung dagegen bloß eingeschränkt. Das I. Interphalangealgelenk der kleinen Zehen ist wenig, das II. dagegen stärker verdickt, die Endglieder befinden sich in Beugestellung, die Streckung ist unmöglich, die Beugung bloß eingeschränkt.

Maße an den Extremitäten.

	rechts	links
Humeruslänge (von Akromion bis zur Spitze des Condylus externus humeri gemessen)	25 cm	25 cm
Oberarmumfang (in der Mitte gemessen)	„ 20 „	„ $20^1/_2$ „
Länge des Radius	„ 18 „	„ 17 „
Länge der Ulna	„ 19 „	„ 19 „
Umfang des Ellbogens	„ $21^1/_2$ „	„ $21^1/_2$ „
Handlänge (vom Beginn der Handwurzel bis zur Spitze des Mittelfingers)	„ 14 „	„ $14^1/_2$ „
Handbreite (über die Metakarpophalangealgelenke der vier langen Finger gemessen)	„ $6^1/_4$ „	„ $6^1/_2$ „
Kniedurchmesser	„ 13 „	„ 13 „
Oberschenkellänge (vom Trochanter major bis zum Condylus femoris externus)	„ 39 „	„ 39 „
Größter Umfang des Oberschenkels	„ 48 „	„ 48 „
Länge der Tibia (bis zum inneren Knöchel gemessen)	„ 36 „	„ 36 „
Länge der Fibula (bis zum äußeren Knöchel gemessen)	„ 36 „	„ 36 „
Entfernung vom äußeren Knöchel bis zur Fußsohle	„ 4 „	„ 4 „
Wadenumfang	„ 27 „	„ 27 „
Fußlänge (von der Ferse bis zur Großzehenspitze)	„ 20 „	„ 19 „
Entfernung von der Ferse bis zur Mitte der Zehenfalte	„ 16 „	„ 15 „

Röntgenbefund,

vom ganzen Knochengerüst der Patientin aufgenommen.

An der Seitenaufnahme der Halswirbelsäule (**Figur 1a, Tafel XXII**) sieht man, daß sämtliche 7 Halswirbel-Körper und -Bögen miteinander synostotisch verwachsen und daß der 3., 4., 5. und 6. Halswirbelkörper im Wachstum sehr erheblich zurückgeblieben (hypoplastisch) sind, die Zwischenwirbelscheiben sind ungemein verdünnt und fast ganz verknöchert. So ist der mittlere Teil der genannten Wirbelkörperreihe sehr verschmächtigt, die obere Hälfte des 3. und die untere des 6. Wirbelkörpers wird allmählich wieder breit.

Die Aufnahme der übrigen Wirbelsäule (**Figur 2a und 3a, Tafel XXII**) zeigen keine Veränderung, speziell keine Wachstumsstörung und keine Form- oder Gelenkveränderung.

Die Aufnahme des Brustkorbes von hinten nach vorne zeigt, daß die Brustwirbelsäule gerade, der Thorax überhaupt symmetrisch ist und daß die Rippen nicht verbogen sind. Zwerchfellstand, Herzgröße und -lage normal, die beiden Hilusschatten etwas vergrößert, namentlich rechts mit einigen Kalkpunkten, linke Lungenspitze etwas verdunkelt.

Schultergelenke. Der rechte Humeruskopf ist klein, stark atrophisch und deformiert. Der Humerusschaft ist bedeutend dünner und kürzer als normal. Linkerseits sind ähnliche Veränderungen, hier ist der Kopf sogar fast ganz zerstört (**Figur 4, Tafel XXIII**).

Die das Ellbogengelenk konstituierenden Skeletteile sind beiderseits hypoplastisch und zeigen Knochendestruktion und Knochenwucherung (**Figur 5, Tafel XXIII**).

Handgelenke. Die Veränderungen sind beiderseits fast die gleichen. Der Radius und die Ulna sind erheblich verkürzt und verdünnt und an ihren distalen Enden sehr atrophisch, deformiert und zwar zum Teile destruiert, weisen aber daneben auch Knochenwucherungen auf. Die auffallendsten Veränderungen sind jedoch an den Handwurzelknochen nachweisbar, diese sind hochgradig atrophisch, vollkommen deformiert und derart destruiert, daß sie sich voneinander überhaupt nicht unterscheiden lassen. Die Mittelhandknochen sind sehr dünn, auch zu kurz und erscheinen an den Handgelenken und Metakarpophalangealgelenken sehr atrophisch, sowie mehr oder weniger deformiert und zum Teile auch destruiert. Die Fingerglieder sind dagegen nur wenig verändert, die Fingergelenke allerdings in Beugestellung (**Figur 6, Tafel XXIII**).

An den Hüft-, noch mehr aber an den Kniegelenken (**Figur 7, Tafel XXIII**) sind beiderseits an den Rändern der Gelenkflächen stachel- und leistenförmige Knochenwucherungen vorhanden.

Am Fußskelett sind beiderseits die für Plattfuß charakteristischen Veränderungen vorhanden. Metatarsen und Zehenknochen, mit Ausnahme der Großzehen, auffallend kurz und dünn, die Gelenksenden atrophisch und mehr oder weniger deformiert. Das obere Sprunggelenk (zwischen Tibia und Talus), ferner die übrigen Tarsalgelenke, mit Ausnahme des unteren Spannungsgelenkes (zwischen Talus und Calcaneus) sind hochgradig deformiert mit Destruktion der Knochenteile und unregelmäßig zackigen, aber scharfen Konturen. Zahlreiche kleine Verkalkungsherde sind in den Weichteilen der rechten Fußsohle vorhanden, an der linken Fußsohle nicht. (Aufnahme der beiden Füße vom Dorsum zur Planta **Figur 8, Tafel XXIII**, Seitenaufnahme des rechten Fußes **Figur 9, Tafel XXIII**.)

Epikrise.

Es handelt sich somit um ein 20 Jahre altes Mädchen, bei dem — nach der Anamnese — im 6. Lebensjahre eine heftige multiple Gelenkserkrankung auftrat; es wurden fast alle Gelenke von Entzündung befallen, mit heftigen Schmerzen; von Fieber und stärkeren Schwellungen wird nichts berichtet. Der schmerzhafte Zustand dauerte etwa 3 Monate und dann ließen die Schmerzen nach. Auch durch die folgenden Jahre traten zuweilen Rezidive in Form von vorübergehenden Schmerzanfällen auf, mit allmählich abnehmender Intensität und immer größeren Pausen. Vom 9. Lebensjahr an hörten die Schmerzanfälle fast ganz auf, nur bei schlechtem Wetter werden noch zuweilen manche Gelenke schmerzhaft. Derzeit leidet Patientin fast nur an Schmerzen in der Halswirbelsäule.

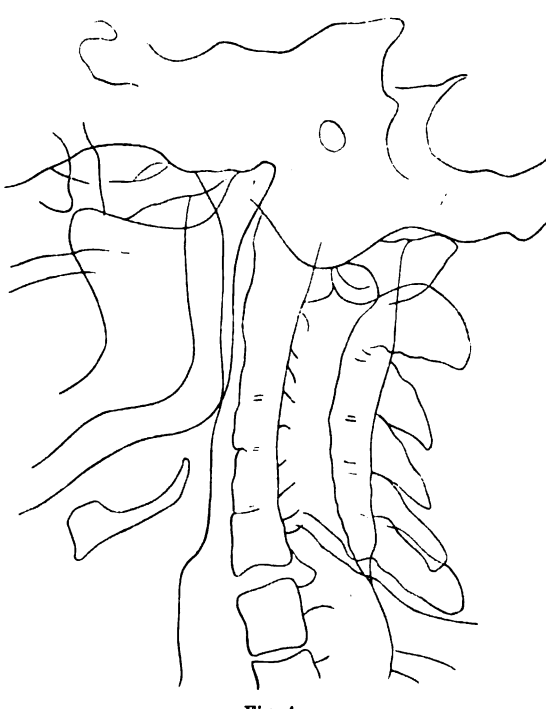


Fig. 4.
Seitenaufnahme des Halses.
Vgl. Figur 1a auf Tafel XXII.

Der klinische Befund zeigt bei der Kranken bedeutende Bewegungseinschränkung in zahlreichen Gelenken der Extremitäten, und zwar am meisten in den Handgelenken, demnächst in den Sprung-, Ellbogen-, Schulter- und Kniegelenken, während die Hüftgelenke fast vollkommen frei sind; dazu kommt eine bedeutende Einschränkung in der Beweglichkeit der Halswirbelsäule und des Kopfes.

Der ganze Körper ist im Wachstum beträchtlich zurückgeblieben, es besteht eine allgemeine Hypoplasie, so daß das Individuum etwa den Eindruck eines 14jährigen Mädchens macht. Die Körperlänge beträgt nur 148 cm. Der Hals ist viel zu kurz. Von den Gliedern sind ganz besonders die Arme im Wachstum zurückgeblieben und zwar am allermeisten die Vorderarme. Die Hände und Füße sind viel zu klein. Der Knochenbau ist überhaupt kindlich schlank. Die Muskulatur der Arme zum größten Teil atrophisch, die des Gesäßes und der Oberschenkel gut ausgebildet, die der Waden aber dürftig. Das Fettpolster ist überall gut entwickelt. Die Ausbildung des Genitales und der sekundären Geschlechtscharaktere ist nicht zurückgeblieben. In den Weichteilen der Planta pedis dextri sind zahlreiche kleine bröckelige Verkalkungsherde vorhanden.

Es handelt sich somit um eine infantile multiple Gelenkserkrankung, offenbar um eine

infektiöse Polyarthritis mit subakutem Beginn, anfangs mit ziemlich heftigen Erscheinungen durch mehrere Monate, dann schwereren und später leichteren Rezidiven durch einige Jahre, worauf der Prozeß im allgemeinen definitiv zur Ausheilung kommt, aber bedeutende Bewegungseinschränkungen und Deformationen an zahlreichen Gelenken zurückläßt, mit Hypoplasie der entsprechenden Knochen sowohl in der Längen- als auch in der Breitenausdehnung.

Die Röntgenuntersuchung des Skelettes zeigt eine beträchtliche Hypoplasie des ganzen Skelettes in jeder Beziehung, also einen infantilen Zustand desselben, aber mit normalem Epiphysenzonenverschluß, und zwar in ungleichmäßiger Ausbreitung über den Körper; und außerdem teils leichte, teils schwere Veränderungen an zahlreichen Gelenken. An den Handgelenken sind die Karpalknochen und die Vorderamknochenenden auf eine krümelige Masse reduziert. Auch an den Hüft-, Knie- und oberen Sprunggelenken, ferner an den Intertarsalgelenken und auch an den Zehengelenken sind Veränderungen vorhanden, mit z. T. bedeutenden Destruktionen der Gelenksenden der Knochen, mit unregelmäßigen zackigen Konturen, so z. B. fehlen an den Sprunggelenken Teile des Taluskopfes, an den Schultergelenken große Teile des Humeruskopfes. An den oberen Extremitäten sind im allgemeinen die Gelenksveränderungen viel bedeutender als an den unteren; dementsprechend ist auch die Wachstumshemmung der Röhrenknochen dort viel hochgradiger als hier.

Die Halswirbelsäule bietet den merkwürdigsten Befund. Sie ist fast vollkommen gestreckt, die Körper des 3., 4., 5. und 6. Halswirbels sind viel zu klein, während die Nachbarwirbel (1., 2. und 7.) fast normale Größe haben, es ist hier ein allmählicher Übergang zu größeren Wirbelkörperdicken nach oben und unten vorhanden. Die Bögen sind weniger im Wachstum zurückgeblieben. Dabei ist die ganze Halswirbelsäule knöchern ankylotisch. Die Wachstumshemmung der Wirbelkörper hängt offenbar mit der Erkrankung der Wirbelgelenke zusammen. Die Wirbelsäule ist weiter unten nirgends deformiert, nicht verkrümmt und nicht steif.

Die Schmerzen, die heute noch ab und zu an vielen Gelenken auftreten und am stärksten in der Halswirbelsäule bestehen, beruhen offenbar auf sekundären Ernährungsstörungen und chronischen Veränderungen, wie sie in nicht ganz ankylosierten, aber stark deformierten Gelenken leicht erklärlich sind, während die ursprüngliche Arthritis selbst längst abgelaufen ist.

Die **Diskussion Holzknechts** zu meiner Demonstration des Falles 1909 verdient wegen der überaus prägnanten Charakterisierung der Veränderung der Halswirbelsäule hier wortgetreu referiert zu werden. „Hier zeigt die — im Gegensatz zu den meisten anderen Fällen dieser Affektion — hochgradig befallene Halswirbelsäule wegen der sonst vorhandenen Gleichmäßigkeit ihres anatomischen Baues ganz besonders deutlich den Zusammenhang zwischen Wachstumshemmung und Gelenkserkrankung. Einerseits sind die Intervertebralspalten der oberen Halswirbel stark verschmälert, fast verschwunden, die Gelenke also schwer erkrankt, die zugehörigen Wirbelkörper im Wachstum bedeutend zurückgeblieben; andererseits sind die unteren Intervertebralgelenke der Halswirbelsäule nicht deutlich verändert, die Körper nicht deutlich kleiner als normal. Am sechsten Halswirbel verklingt die weiter oben stark ausgeprägte Veränderung. Dieser Wirbelkörper, der oben von einer deutlich geschädigten, unten von einer anscheinend normalen Intervertebralscheibe begrenzt ist, vereinigt in sich beide Wachstumsarten, die normale und die pathologisch gehemmte. Er ist oben schmal und unten breit, kegelstutzartig geformt.

Es ist daher nicht nötig und nicht berechtigt, bei dieser immer fast alle Gelenke ergreifenden Affektion den ebenfalls regelmäßig bestehenden Zwergwuchs auf allgemeine Ursachen zurückführen, etwa auf Störungen der inneren Sekretion. Sie ist an jedem Skeletteil durch den an seinen Gelenkenden vorhandenen Prozeß lokal verursacht."

Das Vorkommen von beträchtlichen Wachstumstörungen des Skelettes bei infantiler Polyarthritis chronica wurde bisher nur in wenigen Fällen beobachtet; aus der Literatur sind mir nur 4 Fälle bekannt, nämlich von Diamantberger, Kienböck, Hoppe-Seyler und Raymond & Claude, denen vielleicht als fünfter ein Fall von Schrumpf anzu-

reihen sein wird, Fälle, in welchen die Entwicklungshemmung der Extremitäten allerdings noch höhere Grade erreicht hat.

Dagegen ist das Vorkommen von starken Wachstumserscheinungen der Knochen bei tuberkulösen Gelenksaffektion in der Kindheit sehr bekannt. Ein besonders häufiges Beispiel ist das Zurückbleiben einer Beckenhälfte im Wachstum bei Coxitis. Aber auch an allen anderen Gelenken kommt es bei tuberkulöser Affektion zu starker Wachstumhemmung. Auch an der Wirbelsäule kommt sie vor und zwar ganz besonders, wenn ein Wirbel durch Karies zusammenbricht und nun eine anguläre Kyphose besteht; die betreffenden und auch die angrenzenden Wirbel bleiben dann im Wachstum stark zurück. Ein ausgesprochener derartiger Fall wurde z. B. von Jalowiecki mit Röntgenbefund beschrieben (Über Wachstumveränderungen an den Wirbeln nach Spongilitis tuberculosa. Zeitschrift für orthopädische Chirurgie, Band X. 1902, Seite 703).

Die Natur des Prozesses, welche sich auch in unserem Falle weder aus der Anamnese noch aus dem klinischen Befund ermitteln läßt, ergibt sich auch aus der Röntgenuntersuchung nicht. Es handelt sich sicher nicht um eine tuberkulöse Affektion, wenn auch an zahlreichen Gelenken Veränderungen bestehen, die sehr an Caries sicca erinnern, wo allerdings die zackigen Defekte nicht so scharf gezeichnet erscheinen würden.

Bemerkungen zu den Tafelfiguren.

Fig. 1a auf Tafel XXII.	Seitenaufnahme des Halses.
„ 2a „ „ „	Antero-posteriore Aufnahme des Halses.
„ 3a „ „ „	Lendenwirbelsäule und Kreuzbein antero-posterior.
„ 4 auf Tafel XXIII.	Linke Schulter antero-posterior.
„ 5 „ „ „	Linkes Ellbogengelenk.
„ 6 „ „ „	Beide Hände.
„ 7 „ „ „	Beide Kniegelenke.
„ 8 „ „ „	Beide Füße.
„ 9 „ „ „	Rechter Fuß von innen nach außen.

Aus dem Radiologischen Institut der Allgemeinen Poliklinik und dem Röntgen-Institut im Sanatorium Fürth in Wien.

Über Gelenkkapselschondrome und -Sarkome.

Von

Professor Dr. **Robert Kienböck.**

(Mit Figur 1 bis 6 auf Tafel XXII.)

I. Allgemeines über Knochentumoren.

Einteilung nach dem Ausgangspunkte in drei Arten.

Sowohl in den chirurgischen als auch in den pathologisch-anatomischen Lehrbüchern werden nach dem verschiedenen **Ausgangspunkte** der Geschwulst zwei Arten von Tumoren der Knochen unterschieden:

1. die zentralen, „myelogenen" Tumoren und
2. die Periosttumoren, „periostalen" Tumoren der Knochen.

Sowohl die zentralen als auch die periostalen Tumoren können primär oder metastatisch sein, hier soll nur von den primären Tumoren gesprochen werden.

Es gibt nun noch eine **dritte** Art der Erkrankung der Knochen durch Geschwülste, nämlich durch solche, welche ihren Ausgangspunkt am Gelenk und zwar meist im Gelenk

haben (intraartikuläre Tumoren), sie gehen vor allem von der inneren Schichte der Gelenkkapsel, von der Synovialis aus. Vielleicht können außerdem ähnliche Tumoren am intraartikulären Periost oder am Gelenkknorpel entstehen, entweder am Knorpelüberzug des Knochens oder an einem isolierten Gelenkknorpel, und dann auf den Knochen übergreifen.

Intraartikuläres Periost. Bei allen größeren und kleineren Gelenken mit starken Exkursionen sind die Knochen auch im Gelenk selbst — und zwar anstoßend an die überknorpelten Teile — von Periost überzogen. Man kann hier von einem „intraartikulären Periost" sprechen; es ist allerdings streng genommen nicht intraartikulär, da es noch von einer dünnen (meist gut ablösbaren) Synovialmembran, „Gelenkintima" überzogen ist, also außerhalb der eigentlichen Gelenkhöhle liegt; aber der genannte Teil des Periosts kann doch insofern als intraartikulär charakterisiert werden, als er innerhalb der fibrösen Gelenkkapsel liegt, welche sich an der Diaphyse weiter abseits ansetzt.

Im Kniegelenk erstreckt sich ein derartiger Periostüberzug vorne am Femur weit hinauf und zwar in der Bursa mucosa suprapatellaris beiläufig bis zu der Stelle, an welcher sich die fibröse Kapsel an den Knochen ansetzt. Analoge Verhältnisse liegen z. B. im Ellbogengelenk vor und zwar sowohl am Humerus (vorne und hinten), als auch an der Ulna (sowohl am Olekranon als auch am Processus coronoideus), ferner im Schultergelenk und zwar am Humerus (besonders medial) und auch im Hüftgelenk und zwar am Schenkelhals.

Bei einem Vergleich der drei Arten von Knochengeschwülsten mit verschiedenem Ausgangspunkte ergeben sich die folgenden teils gemeinsamen, teils unterscheidenden Merkmale. Und zwar denken wir dabei vor allem an die langen Röhrenknochen der Extremitäten.

Die zentralen, „myelogenen" Tumoren entstehen im Knocheninnern und führen bei ihrem Wachstum zu einer Auftreibung, „Aufblähung" des Knochens; sie sitzen meist in der Nähe der Gelenkenden, sind also insofern auch Gelenktumoren; es kann später sogar zu Durchbruch der Geschwulst ins Gelenk kommen.

Die Periosttumoren sitzen im allgemeinen an den Diaphysen, vom Gelenk mehr oder weniger weit entfernt; der Tumor geht von der inneren Schichte (Kambiumschicht) des Periots aus und führt zu einer Vorwölbung der äußeren Schichte (fibröse Schicht), welche dann für den Tumor einen Balg bildet; der Knochen wird in der Richtung von außen nach innen zerstört, also zuerst oberflächlich, und zwar entweder in großer Breite oder zirkumskript; später durchbricht meist die Geschwulst den Balg und greift auf die Weichteile über.

Die Gelenkkapseltumoren, Synovialistumoren und ähnliche Geschwülste (intraartikuläre Periosttumoren und Gelenkknorpeltumoren) stellen die eigentlichen Gelenktumoren vor, sie bilden zuerst einen kleinen intraartikulären Tumor, dann eine vollkommene ausgußartige Ausfüllung der Gelenkhöhle, später verursachen sie auch noch eine Ausdehnung der Gelenkkapsel; weiterhin wird auch der Knochen von der Oberfläche her affiziert und zwar der intraartikuläre Teil des Knochens, entweder breit oder zirkumskript; schließlich durchbricht die Geschwulst auch die Gelenkkapsel und wächst in die benachbarte Muskulatur ein.

Nach der mikroskopischen Beschaffenheit der Geschwulst gibt es bekanntlich an den Knochen sehr verschiedene Arten von Geschwülsten: Sarkome, Chondrome, Angiome, Fibrome usw. Alle diese Arten kommen auch bei den Gelenkkapseltumoren vor.

Hier sollen die nicht allzu seltenen Chondrome und Sarkome der Gelenke ausführlich besprochen werden.

II. Gelenkkapselchondrome.

1. Geschichtliches und Kasuistik.

Die oben vorgenommene Einteilung der Geschwülste der Knochen gilt auch für die Chondrome (Enchondrome); außer den zentralen und periostalen Chondromen gibt es noch

drittens Gelenkchondrome; es sind dies meist Kapselchondrome und zwar innen an der fibrösen Kapsel, meist direkt an der Synovialis sitzend — Synovialischondrome.

Reichel 1900 war der erste, welcher das Chondrom der Gelenke als besondere Affektion erkannt, eingehend beschrieben und speziell die Differentialdiagnose gegen Gelenkentzündung einerseits und Sarkom andererseits angegeben hat. Er hielt die Geschwulst auf Grund seines Falles, in welchem die Affektion von der Synovialis ausging und auf diese beschränkt war, während die Knochen sowohl an den Knorpelüberzügen als auch in der Knochensubstanz selbst intakt waren, im allgemeinen für gutartig und die Prognose dementsprechend für günstig; er fügte allerdings hinzu, daß in manchen Fällen doch auch ein Übergang der Geschwulst in einen bösartigen Tumor, z. B. ein Myxom stattfinden könnte. Die späteren Fälle haben aber, wie wir sehen werden, gezeigt, daß der Autor in der Annahme der Bösartigkeit hätte noch weiter gehen können. Die weite Ausbreitung der Geschwulstbildung auf einen großen Teil der Synovialisoberfläche veranlaßte Reichel, von „Gelenkchondromatose" zu sprechen.

Die späteren Autoren brachten vor allem Beiträge zur Technik der Operation, ferner anatomische, speziell mikroskopische Details.

1) Schon als „Kapselchondrom" beschriebene Fälle.

A. Fingergelenk.

W. Müller 1902. 25jähriger Mann. Anamnese. Seit $^3/_4$ Jahren an der linken Hand allmählich zunehmende Verdickung des Metakarpo-Phalangeal-Gelenks III, keine Schmerzen.

Befund. Kräftiger, gesunder Mann. Monströse kugelige Verdickung des genannten Gelenkes, Bewegungen sehr gering, keine Schmerzhaftigkeit.

Diagnose: wahrscheinlich Tumor des Metakarpusköpfchens.

Operation. Resektion des Gelenkes. Heilung.

Präparat. Diffuses Chondrom der Gelenkkapsel mit ganz kleinen und größeren rundlichen Knollen, Gelenk stark ausgeweitet, Knorpelüberzüge normal.

Mikroskopisch. Chondrome ohne Degenerationserscheinungen. Ausgangspunkt: „Ansatzstelle der Kapsel an das Periost, nicht die Synovialis."

Verlauf. Nach 8 Jahren kein Rezidiv.

B. Handgelenk.

Riedel 1913. 22jähriges Mädchen. Anamnese. Vor fünf Jahren Beginn der Affektion bemerkt und zwar 8 Tage nach Wäscheringen. Schwellung am linken Handgelenk außen. Bald darauf Operation (Israel), Incision: kleine Knorpelgeschwülste aus den Falten und Taschen des Gelenks vorquellend, Knorpelüberzug der Ulna defekt. 1 Jahr später Rezidiv der Schwellung.

Befund. Kräftiges Mädchen. Neuerdings Tumor am linken Handgelenk an der Ulnarseite, bei Druck Krepitation und Schmerzen.

Operation. Gelenk erweitert, im Inneren Knorpelgeschwülste, teils aufsitzend, teils frei. Stylus ulnae fehlend. Resektion der kranken Kapselteile. Heilung.

Mikroskopisch. Enchondrome.

Verlauf. 10 Monate später wieder Rezidiv.

C. Ellbogengelenk.

Rehn 1911. 28jähriger Mann. Anamnese. Vor $1^1/_2$ Jahren zum erstenmale Geschwulst am linken Ellbogengelenk bemerkt und zwar „3 Tage nach Stoß"; vor $^3/_4$ Jahren zweite Geschwulst in der Nähe aufgetreten, seit $^1/_2$ Jahre Bewegungen eingeschränkt.

Befund. Sehr kräftiger Mann, Ellbogengelenk im proximalen Teile stark verdickt, vorne und hinten; nußgroßer, harter, höckriger Tumor oberhalb des inneren Epikondyls tastbar, ein gleicher Tumor bei dem äußeren Epikondyl; Haut verschieblich, Bewegungen eingeschränkt, nicht schmerzhaft.

Röntgenbefund. Halbkugeliges wolkiges Schattenfeld am unteren Humerusende, vorne und hinten breit aufsitzend (zirkuläre Geschwulst), ein zweiter Tumor an der Ulna nahe der Incisura semilunaris; die Knochen nicht erkrankt.

Diagnose. Gelenkchondromatose.

Operation (Lexer). Extrakapsuläre Gelenkresektion.

Präparat. Vorderer und hinterer Kapselsack mit knolligen Tumoren ausgegossen und erweitert, am Olekranon eine blumenkohlartige Tumormasse, ferner vorne an der Trochlea und radial an der Incisura semilunaris Tumoren; die Geschwülste großlappig, an der Kapsel breit aufsitzend, ferner an der Kapsel viele kleine knorpelige Knoten. Knorpelüberzüge der Knochen nicht verändert; an der Ulna hat ein bohnengroßer Einbruch der Geschwulst in das Innere des Knochens stattgefnnden. Gelenkkapsel nicht durchbrochen, Muskulatur normal.

Mikroskopisch. Enchondrome der Synovialis mit Verkalkung und Verknöcherung.

D. Schultergelenk.

Hagemann 1913. 25jähriges Mädchen. Anamnese. Seit 3 Jahren Schmerzen im linken Schultergelenk (kein Trauma), nach 1 Jahr Bewegungen des Armes eingeschränkt und geschwächt.

Befund. Schlankes Mädchen mit leichter Basedowerkrankung. An der linken Schulter die Muskulatur sehr atrophisch, keine eigentliche Gelenkschwellung, aber eine flache Vorwölbung mit harter Resistenz vorne dicht unterhalb des Processus coracoideus, ein anderer tiefliegender Knoten in der Gegend der Bicepssehne; Bewegungen im Gelenk fast unmöglich, Krepitation und Schmerzen.

Klinische Diagnose: wahrscheinlich Karies.

Röntgenbefund. Rundlicher, scharf abgegrenzter wolkiger Schattenherd an der Scapula, dicht an die Pfanne angrenzend, ein zweiter solcher Herd am Humerus gerade unterhalb des chirurgischen Halses. Die beiden Knochen anscheinend nicht verändert, nur atrophisch.

Röntgendiagnose: Chondrome der Gelenkkapsel, an den Ansatzstellen der Kapsel an den beiden Knochen sitzend.

Operation. An der Innenfläche der Gelenkkapsel zahlreiche kleinere und größere knorpelige Knoten, ein größerer Knoten am Humerus mit Ausfüllung des Schleimbeutels und Einschließung der Bicepssehne, ein zweiter solcher Knoten an der Scapula. Resektion des Humeruskopfes und des Gelenkteiles der Scapula.

Präparat. An der Synovialis zahlreiche kleine knorpelige Knoten und zwei zusammengesetzte größere Knorpelgeschwülste; der Humerus am chirurgischen Hals nur ganz oberflächlich angegriffen, die Scapula gar nicht; die Knorpelüberzüge erhalten, die Kapsel nicht durchbrochen.

Mikroskopisch. Chondrome mit regressiver Metamorphose, stellenweise Verkalkung und Verknöcherung.

E. Sprunggelenk.

Langemak 1904. Fall I. 17jähriger Bursch. Anamnese. Seit $^1/_2$ Jahr Anschwellung des rechten Sprunggelenks außen; allmählich zunehmende Verdickung, selten Schmerzen.

Befund. Sprunggelenk verdickt, besonders vorne und außen, durch eine große, harte, breitaufsitzende Geschwulst, wenig druckempfindlich; keine Flüssigkeit nachweisbar. Bewegungen wenig behindert.

Diagnose. Exostosis bursata.

Operation. Im Gelenk ein höckriger knorpeliger Tumor, außen am Talushals breitbasig aufsitzend, auch Sulcus tali und Vorderfläche des Talo-Kruralgelenks von Tumormasse ausgefüllt, ferner kleine Knötchen an der Synovialis des Talo-Navikulargelenks. Resektion des Taluskopfes.

Präparat. Chondrom des Gelenks am Talus sitzend, Einwucherung in die Markhöhle des Knochens, isolierte Knoten an der Synovialis.

Mikroskopisch. Chondrom.

F. Kniegelenk.

Kobylinski 1909. 56jähriger Mann. Anamnese. Seit 8 Monaten Schmerzen im linken Knie, bald auch Schwellung, nach 4 Monaten Beugung sehr behindert.

Befund. Am Gelenk vorne eine Anschwellung, sich aus dem Oberschenkel allmählich erhebend, unterhalb der Tuberositas tibiae scharf abgegrenzt; Unterschenkel leicht nach innen verschoben, die Kniescheibe „in die Geschwulst hineingedrückt"; die Geschwulst knorpelhart, stellenweise höckerig, druckempfindlich; die Haut verschieblich, bis auf Netze erweiterter Venen unverändert. Umfang des Knies um $6^1/_2$ cm vermehrt. Bewegungen fast unmöglich, Versuche sehr schmerzhaft. Patient geht mit Mühe am Stock.

Operation (Oppel). Die Synovialis übersät mit weißlich-blauen, knorpeligen Knötgen der verschiedensten Größe, ein faustgroßer, blumenkohlartiger Tumor vorne an der Tibia sitzend, die Kniescheibe mit den umgebenden Knorpelmassen verwachsen, zum Teil auch von Tumor durchsetzt, auch die Kreuzbänder zerstört. Die Menisken und die Knorpelflächen von Femur und Tibia gesund. Resektion des Gelenkes.

Mikroskopisch. Gelenkenchondrome, aus den bindegewebigen Elementen der Synovialis hervorgegangen, stellenweise Verkalkung und Verknöcherung.

Lexer 1907. 27jähriger Mann. Anamnese. Vor 6 Jahren Beginn von Schmerzen im rechten Knie. Nach 4 Monaten bedeutende Anschwellung; Punktion: Flüssigkeit. Nach 1 Jahr Anschwellung auch außen. Später allmählich fortschreitende Bewegungseinschränkung.

Befund. Blasser, schwächlicher Mann, lungenkrank. Rechtes Knie etwas angeschwollen, besonders im vorderen oberen Recessus, nicht druckschmerzhaft; an der Kapsel kleinknollige harte Tumoren zu tasten. Bewegungen sehr eingeschränkt, Krepitation. Keine ausstrahlenden Schmerzen, keine Stauung am Unterschenkel.

Diagnose. Gelenkchondrome.

Röntgenbefund. Das Kniegelenk besonders hinten, aber auch vorne unterhalb der Patella und im oberen Recessus mit großen, von dunklen wolkigen Flecken durchsetzten Massen ausgefüllt.

Operation. Schon in der vorderen Muskulatur des Oberschenkels (Vasti) und in der Kniekehle (Gastrocnemius) Knorpelherde, vorderer oberer Gelenkrecessus mit knorpeligen Massen ganz ausgefüllt, die größten Massen aber hinten am Gelenk. Resektion des Gelenks. Versuch der Implantation eines fremden Knochenstückes.

Präparat. Die ganze Synovialis, auch die Kreuzbänder mit größeren und kleineren Knollen bedeckt, ferner Knollen in der benachbarteu Muskulatur und im Fettpolster, und zwar nicht in Form von Infiltration; überknorpelte Gelenkflächen zum großen Teil mit Wucherungen besetzt und usuriert, in der Fossa intercondyloidea an einer kleinen Stelle Wucherungen auch in die Spongiosa des Femur eingedrungen.

Mikroskopisch. Chondrome mit reichlicher Verkalkung und Verknöcherung.

Reichel 1900. 36jähriger Mann. Anamnese. Vor 5 Jahren Beginn von Anschwellung des linkes Knies, erst später beim Gehen plötzlich Schmerz, Knacken und stärkere Anschwellung; dann noch Zunahme der Verdickung.

Nach einer Inzision an der Außenseite sehr viel Knorpelstücke mit Blut und Eiter herauskommend. Besserung der Beweglichkeit, aber später wieder Verschlechterung und Schmerzen.

Befund. Gesund aussehender, kräftiger Mann, geht gut. Das linke Knie stark verdickt, und zwar unregelmäßige, stellenweise höckrige, knochenharte Auftreibung des Gelenkes, sowohl innen als auch besonders außen von der Quadricepssehne bis handbreit oberhalb der Patella. Haut normal. Umfang des Gelenks um $4^1/_2$ cm vergrößert, Bewegungen wenig eingeschränkt. Krepitation. Übriger Körper normal.

Operation. Synovialis übersät mit ganz kleinen und größeren knorpeligen Geschwülsteu, auch ein größerer, höckriger Tumor oben außen von der Patella und in der Kniekehle; Gelenkflüssigkeit vermehrt, Menisken intakt, Knorpelüberzüge normal, keine Wucherungen von Arthritis deformans. Resektion des Gelenks. Heilung.

Mikroskopisch. Diffuse Chondromatose der Gelenkkapsel, von den Synovialzotten ausgehend.

2) Als kartilaginäre Exostose mit Sarkombildung beschriebener Fall.

Rumpel 1908 (l. c. Seite 19). 20jähriges Mädchen. Anamnese. „Von klein auf ein Höcker am linken Knie innen"; vor 8 Jahren angeblich wegen Kniegelenkentzündung operiert, seitdem die Bewegungen etwas eingeschränkt. Vor 2 Monaten nach Aufschlagen eines schweren Gewichts Bildung einer großen Geschwulst und Schmerzen.

Befund. Vorne am Kniegelenk ein über faustgroßer, harter, höckriger Tumor, mit der Vorderfläche des Femur in fester Verbindung stehend, Patella nicht zu tasten. Bewegungen stark eingeschränkt.

Röntgenbefund, Seitenaufnahme bei leichter Beugestellung (l. c. Fig. 28 auf Tafel VI). Großer, unregelmäßig rundlicher, höckriger, scharf abgegrenzter, zum großen Teil offenbar aus Knorpel und spongiösem Knochen bestehender Tumor zunächst im vorderen Teil des Kniegelenks, mit der Vorderfläche der Femurkondylen ohne scharfe Grenze in ziemlich breiter Verbindung stehend, Patella tiefstehend und etwas vom Femur abgedrängt, von der Geschwulst umwachsen; daran anschließend der vordere Teil der Gelenkkapsel und die Bursa praepatellaris in große Tumoren verwandelt, die bis zur Tibia reichen; die Tibia selbst aber nicht angegriffen. In der Bursa suprapatellaris einige rundliche, durchsichtige, offenbar knorpelige Knollen. Oberer Teil des Kniescheibenbandes stark vom Femur abgedrängt. Femur nicht atrophisch, auch im Inneren — abgesehen von der einen, früher genannten unregelmäßig strukturierten Stelle — nicht verändert. Hintere Teile des Gelenks frei von Geschwulstmassen, nur am Fibulaköpfchen eine periostale Knochenauflagerung.

Diagnose: „wahrscheinlich Femurexostose seit Kindheit, zuletzt — nach einem Trauma — Umwandlung in eine maligne Geschwulst (Sarkom) mit Verknöcherungsherden im Innern, allerdings ohne periostale Knochenwucherung".

Operation von der Patientin abgelehnt.

Kritik des Referenten. Es handelt sich offenbar um ein stark verknöchertes Gelenkkapselchondrom mit umfangreicher Wucherung in den vorderen und seitlichen Teilen des Gelenks samt Bursa praepatellaris und suprapatellaris und mit sekundärer Einwachsung in den unteren Teil des Femur; in diesem Fall hat sich auffallender Weise die Geschwulst trotz ihrer Größe im Gelenk noch nicht allen Richtungen, vor allem nicht nach hinten ausgedehnt.

Wahrscheinlich gehören auch manche von den in der Literatur als **„periostales Sarkom des Knochens"** beschriebene Fälle hierher, vielleicht sogar auch einige von den in unserem Kapitel über die Gelenkkapselsarkome referierten Fällen.

2. Eigene Beobachtungen.

Fall I.

Tumor des Ellbogengelenks.

Älterer Mann. Vor 7 Wochen Verrenkung. Klinischer Befund: Starke, allseitige, knochenharte Schwellung des Gelenks, Ankylose, Luxation. Klinische Diagnose schwankend. Röntgenbefund: Pralle ausgußartige Anfüllung der Gelenkhöhle mit kalkfleckiger Geschwulstmasse, Gelenkkapsel ausgedehnt und z. T. ergriffen, Übergreifen auf die Knochenoberfläche (Humerus), Luxation. Diagnose: Gelenkkapselchondrom.

Beobachtung.

Matthias S., 51 Jahre alt, Taglöhner. Übersandt vom Krankenhaus in Mödling bei Wien (Primarius Dr. Gorhan) am 9. III. 1909 an die Röntgenabteilung der Poliklinik. Klinische Diagnose unentschieden: entweder Ellbogengelenkluxation mit Muskelosteombildung oder Ellbogengelenkfraktur mit starker Kallusbildung oder echter Knochentumor, Sarkom.

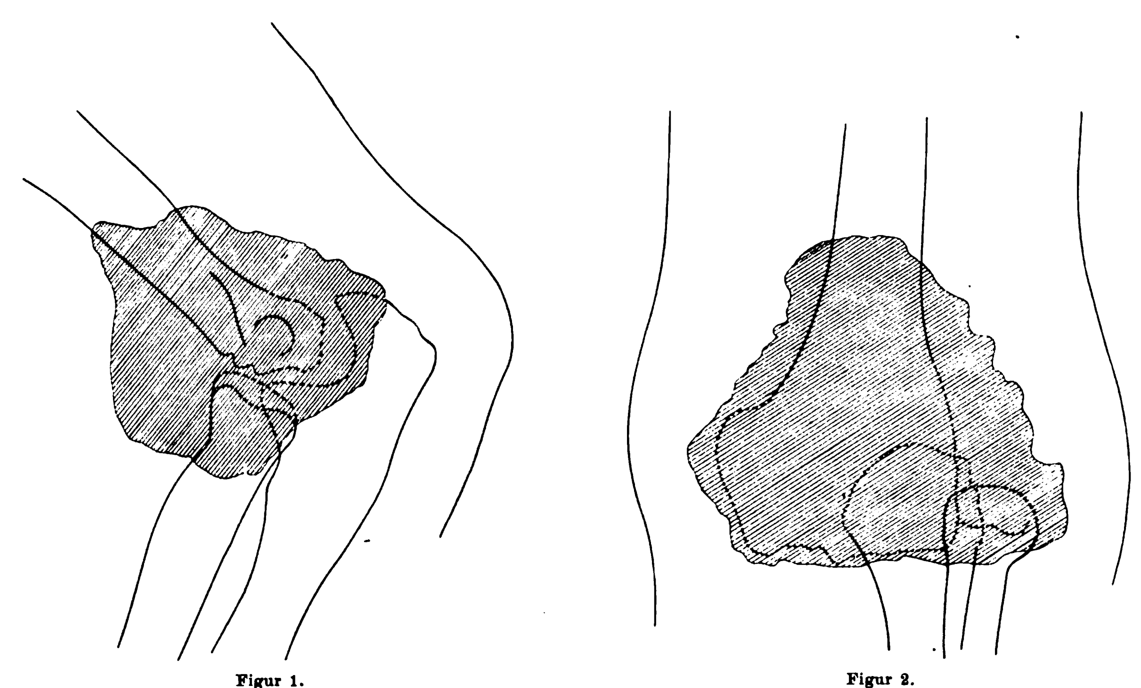
Anamnese. Vor 7 Wochen (18. I. 1909) zog sich Patient beim Arbeiten eine Verletzung des rechten Ellbogengelenks zu (nähere Angaben über die Umstände fehlen), mit Verrenkung oder Bruch des Vorderarms nahe dem Gelenk; es wurde bei Beugestellung des Gelenks ein Verband angelegt. Doch blieb eine bedeutende Anschwellung der Region zurück und vollständige Unfähigkeit, das Gelenk zu strecken. (Über den früheren Zustand der Extremität keine Angabe vorhanden.)

Befund. Rechtes Ellbogengelenk in mäßiger Beugung fixiert, ganze Region stark verdickt; die Schwellung von auffallend derber Konsistenz (wie Knochen, bzw. Kallus). Der Vorderarm gegen den Oberarm nach hinten und außen verschoben, diffus geschwollen.

Röntgenuntersuchung. Seitenaufnahme, von außen nach innen **(Fig. 1 auf Tafel XXII).** In der Gelenkgegend ein etwa gänseeigroßes, dreieckiges Feld mit abgerundeten Ecken, etwa wie ein Ausguß der sehr stark ausgedehnten Gelenkhöhle aussehend, aber nicht scharf abgegrenzt; darin bogige, z. T. untereinander parallel ziehende Schattenstreifen und Flecken sowohl vor als hinter dem Schatten des Humerusendes, ferner auch im Knochenschatten (entsprechend einer den Knochen rings umgebenden Masse); hinten die Streifen z. T. vom Olekranon entspringend. Das Humerusende (besonders die Trochlea) oberflächlich defekt, unregelmäßig und verschwommen zerstört, außerdem verschwommen fleckig strukturiert; Humerusdiaphyse nicht verändert. Ulnapfanne (Incisura semilunaris) in den Konturen deutlich sichtbar, Olekranon und Processus coronoideus mäßig aufgehellt, etwas verschwommen konturiert. Radius ähnlich verändert, also auch fast normal. Der Vorderarm (Ulna und Radius) gegen den Oberarm (Humerus) nach hinten luxiert, Radius und Ulna miteinander in normaler Verbindung geblieben. Muskulatur der Region breit und unscharf abgebildet, Weichteile stark geschwollen (Ödem?).

Antero-posteriore Aufnahme, von der Beuge- nach der Streckseite **(Fig. 2 auf der Tafel XXII).** Entsprechender Befund. Ausfüllung der ausgedehnten Gelenkhöhle mit einer großen, beiläufig dreieckig geformten Masse mit abgerundeten Ecken, mit verschwommenen, streifenförmigen, flammenähnlichen Schattenzügen, vor allem radiär vom Humerus entspringend und im Bogen zum Radius ziehend; auch im Schatten des Humerus selbst solche Schatten-

flecken (Deckung) und an der medialen Seite des Knochens. Humerusende verschwommen aufgehellt, auch die Eminentia capitata und Trochlea oberflächlich defekt. Der Vorderarm stark lateralwärts luxiert. Radiusköpfchen etwas aufgehellt, Olekranon nicht deutlich sichtbar. Diaphysen von Humerus, Ulna und Radius vollkommen normal.



Figur 1. Figur 2.

Figur 1 und 2. Fall I. Kapselchondrom des rechten Ellbogengelenks. Fig. 1. Aufnahme von außen nach innen, 2. Aufnahme von vorne nach hinten. Das Gebiet des Tumors schraffiert, Gestalt der Geschwulst rundlich, eiförmig bzw. dreieckig etwa wie eine Pyramide mit abgerundeten Ecken. Die arrodierten unscharfen Knochenkonturen punktiert, der Humerus ziemlich stark defekt, die Knochen nicht aufgetrieben. Subluxation, Weichteilschwellung. $^1/_2$ natürl. Größe. (Vergleiche Figur 1 und 2 auf Tafel XXII.)

Epikrise.

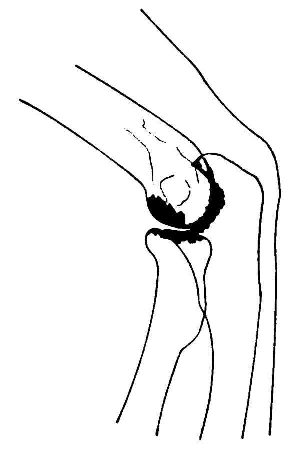
Es handelt sich demnach bei einem älteren Mann (51 Jahre) um eine schwere Erkrankung des linken Ellbogengelenks. Der Kranke führt die Affektion auf ein Trauma vor 7 Wochen zurück und tatsächlich macht bei der äußeren Untersuchung des Körperteiles die Verdickung und Deformation der Gelenkgegend zunächst den Eindruck, als ob eine **Fraktur** des Humerus mit Verschiebung des unteren Fragmentes und luxurierendem Kallus oder eine **Luxation** des Vorderarmes vorläge, vielleicht mit der Bildung eines **Muskelosteoms (Myositis ossificans traumatica).** Doch erweckt das rasche Wachstum der harten Masse in den jüngst vergangenen Wochen mit Ausdehnung auf ein immer größeres Gebiet den Verdacht auf das Vorhandensein eines **malignen Tumors.**

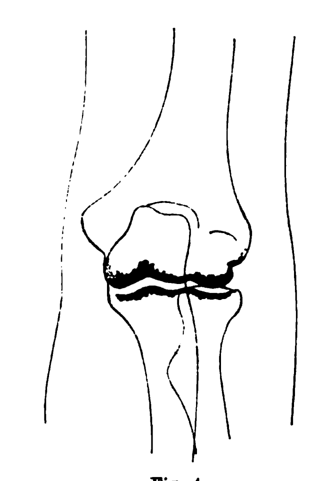
Aus dem Röntgenbefund ergibt sich, daß die Epiphyse des Humerus am Gelenkteil oberflächlich defekt und abnorm strukturiert ist und daß vor allem die Gelenkhöhle ausgußartig prall ausgefüllt und ausgedehnt ist mit einer festen, stark herdweise verkalkten und verknöcherten, sozusagen „kalkfleckigen" Masse. Die Enden der Vorderarmknochen sind nur ganz wenig verändert, ferner ist der Vorderarm gegen den Oberarm nach hinten und lateral (radial) luxiert, die Verbindung von Ulna und Radius untereinander ist dagegen normal geblieben.

Auch nach den **Röntgenbildern** würde man sich zunächst leicht versucht fühlen, eine rein traumatische Verletzung, und zwar eine **Luxation** des Gelenkes

mit **Myositis ossificans traumatica** anzunehmen; Muskelverknöcherungen geben nämlich einen ähnlichen Röntgenbefund und kommen gerade bei diesem Gelenk im Anschluß an Distorsionen und Luxationen sehr häufig vor; aber die Lage und Form des fleckigen Schattenfeldes entsprechend dem Gebiet der Gelenkhöhle, ferner das gleichzeitige Vorhandensein eines oberflächlichen Defektes an der Humerusepiphyse zeigen in unzweideutiger Weise, daß es sich um einen **bösartigen Tumor** des Gelenks handelt.

Figur 3 und 4. Die bei Fall I nach dem Röntgenbefund vermutlich erkrankten Knochenteile durch schwarzen Ton in den Bildern eines normalen Ellbogengelenks bezeichnet. Die Knochen nirgends stark zerstört, am stärksten noch die Trochlea humeri, weniger die andern Gelenkteile und zwar diese nur ganz oberflächlich. (Die Geschwulstmasse in der Gelenkhöhle nicht gezeichnet, auch die Subluxation nicht eingetragen.)


Fig. 3.


Fig. 4.

Es liegt hier ein **Tumor der Gelenkkapsel** und zwar der inneren Schichte, d. h. der **Synovialis** vor mit Bildung einer großen, zum Teil verkalkten bzw. verknöcherten Geschwulstmasse, welche die Gelenkhöhle wie ein Ausguß prall anfüllt und ausdehnt, und durch weitere Wucherung bereits zu einer lokalen Zerstörung der fibrösen Kapsel samt den Bändern, ferner auch der oberflächlichen Teile des Gelenkendes der Humerusepiphyse geführt hat — ein typisches **Chondrom** der Synovialis.

Die Angabe des Kranken, daß er sich vor einiger Zeit (sieben Wochen vor der Untersuchung) bei der Arbeit eine schwere Verletzung des Gelenks zugezogen habe, beruht auf Richtigkeit, da wirklich eine Luxation des Vorderarms im Ellbogengelenk besteht. Damals war das Gelenk wahrscheinlich noch teilweise beweglich; vielleicht hat nur eine geringe Gewalt eingewirkt, z. B. ein leichter Stoß bei der Arbeit im Freien stattgefunden; dann wäre das Eintreten einer so bedeutenden Verletzung des Gelenks mit beträchtlicher Verschiebung der Teile dadurch zu erklären, daß an dem bereits schwer erkrankten Gelenk (Patient gibt allerdings darüber nichts an!) die Kapsel samt den Bändern durch Geschwulstinfiltration und Erweichung gelockert, bzw. minder widerstandsfähig war („pathologische" Luxation, Spontanluxation); erst daraufhin würde vollkommene Steifigkeit des Gelenks und beschleunigtes Wachstum der Geschwulst eingetreten sein. Jedenfalls war das Gelenk schon lange krank, wahrscheinlich zunächst nur mit nur geringen Beschwerden.

Über den weiteren Verlauf des Falles konnte nichts ermittelt werden; da der Arm für die Arbeit unbrauchbar geworden und sogar eine weitere Vergrößerung des Tumors in der Folgezeit anzunehmen war, mußte eine Operation und zwar nicht etwa bloß eine extrakapsuläre oder gar nur intrakapsuläre Resektion des Gelenks indiziert erscheinen, sondern entsprechend dem bedeutenden Umfange der Geschwulst geradezu eine Amputation des Gliedes im Bereiche des Oberarms.

Ein Seitenstück zu dieser Beobachtung ist in einem Fall von Rehn zu finden (oben referiert), wo ebenfalls am Ellbogengelenk ein Kapselchondrom vorhanden war, und zwar nach dem Röntgenbild zu schließen, von gleicher Größe, Gestalt und Struktur, und wo eine Operation mit Sicherstellung der Diagnose vorgenommen wurde.

Fall II.

Tumor des Kniegelenks.

25 jähriger Mann. Seit 4 Monaten Schwellung und Schmerzen. Befund: Bedeutende knochenharte Verdickung des Gelenks, „Subluxation", Beweglichkeit eingeschränkt. Klinische Diagnose: Fungus. Röntgenbefund: Dem Femur hinten außen, oberhalb des Gelenkspaltniveaus ein ziemlich großer, runder, sehr dunkler, wolkiger Tumor aufsitzend, im Gelenk selbst bzw. Rezessus gelegen. Femur nicht aufgetrieben. Radiologische Diagnose: Kapselchondrom. Amputation des Oberschenkels. Präparat: Stark verknöcherter bösartiger Tumor, „Sarkom", auch der Femur angegriffen (keine mikroskopische Untersuchung).

(Der Fall erscheint samt Röntgenbildern und Skizzen ausführlich in der D. Zeitschrift für Chirurgie 1917.)

Fall III.

Tumor des Kniegelenks.

Mann mittleren Alters. Seit 6 Jahren Beschwerden. Klinischer Befund: Enorme spindelförmige Verdickung der ganzen Kniegelenkregion durch mannskopfgroße, harte Geschwulst, Ankylose, Schmerzen. Klinische Diagnose: bösartiger Tumor, Sarkom. Röntgenbefund: Pralle, ausgußartige Ausfüllung der Gelenkhöhle samt der Bursa suprapatellaris mit einer großen, stark verknöcherten Tumormasse, stellenweise beträchtliche Knochendestruktion (Femur). Durchbruch der Geschwulst durch die Kapsel nach außen in die Muskulatur. Diagnose: Gelenkkapselchondrom. Amputation. Präparat: umfangreiches Gelenkkapselchondrom, fast alle Gewebe der Region ergriffen, auch Knochen, Knorpel und Muskulatur.

Beobachtung.

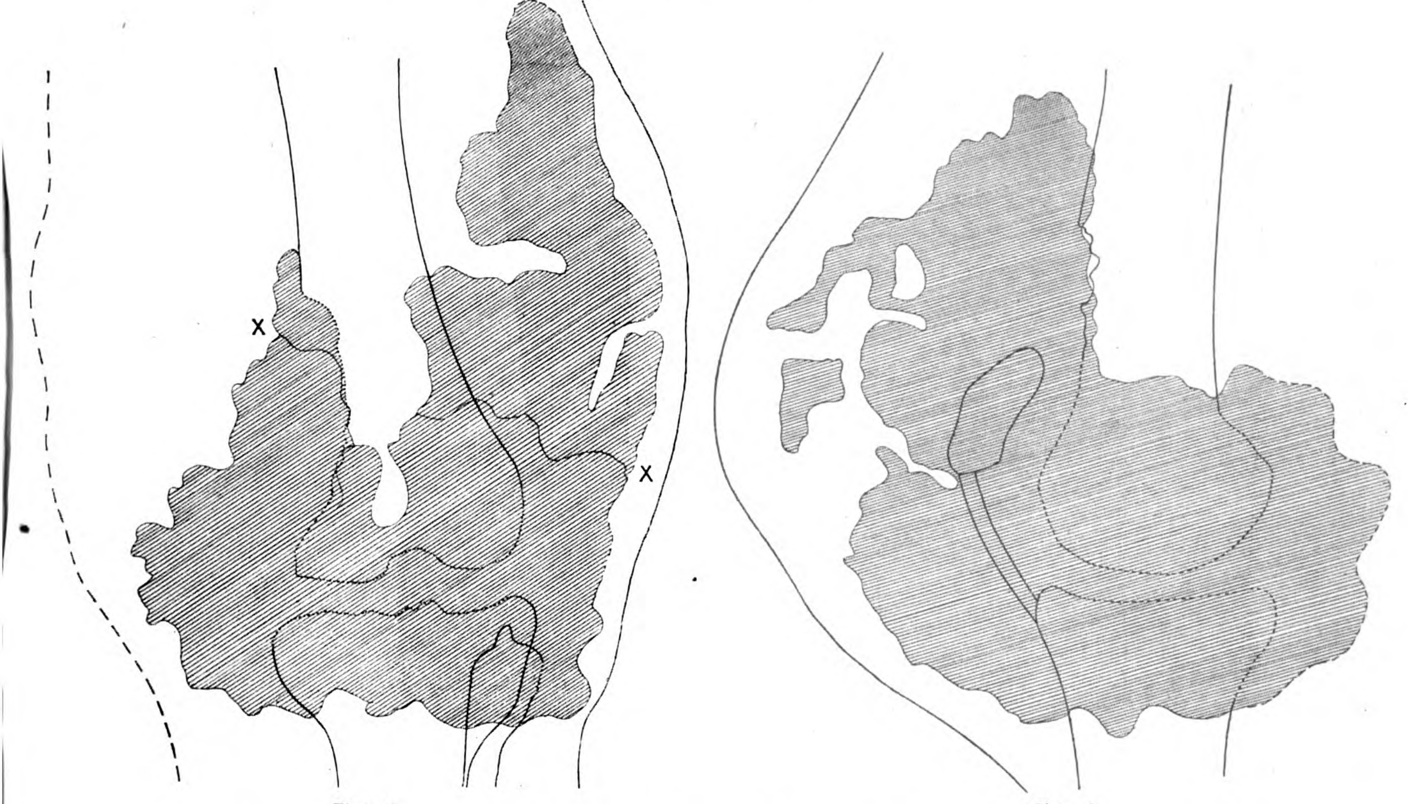
Anton Sch., 38 Jahre alt, Zimmermeister. In das Sanatorium Fürth gesandt von Dr. Micholitsch 5. V. 1915.

Anamnese. Vor 6 Jahren Beginn von Schwellung des rechten Knies. Die Schwellung vergrößerte sich dann allmählich, und zwar namentlich in der Richtung nach vorne und oben. Nach einem Jahr war die Bewegung stark gehindert, damals waren auch heftige Schmerzen vorhanden; es wurde in Streckstellung ein Stützapparat angelegt, dieser blieb seitdem konstant angelegt, Patient ging nicht mehr ohne Apparat herum.

Befund. Großer starker Mann, gut aussehend, wohlgenährt. Rechtes Knie allseits sehr stark verdickt, Umfang 85 cm, die Schwellung vorne bis zur Mitte des Oberschenkels hinaufreichend, Muskelatrophie. Unterschenkel und Fuß mäßig ödematös. Die Schwellung bei der Palpation uneben, die Resistenz derb elastisch, die Haut gespannt, glänzend, die Hautvenen zum Teil ausgedehnt, durch die Haut durchscheinend. Das Gelenk ist fast ganz gestreckt und vollkommen steif. Patient geht nur mit dem Apparat und mit Krücken herum. Derzeit keine Schmerzen. Leistendrüsen nicht vergrößert. Übriges Skelett normal.

Röntgenuntersuchung. Antero-posteriore Aufnahme des Knies (Fig. 3 auf Tafel XXII). Die Gegend des Kniegelenkes ist etwa vom Fibulaköpfchen an bis weit hinauf am Oberschenkel, entsprechend der schon äußerlich erkennbaren starken Verdickung von einer sehr umfangreichen und dunklen Masse eingenommen. Das Gebiet ist größtenteils erfüllt von kleinen, verschwommenen, dunklen Schattenflecken und erscheint dadurch getüpfelt, ähnlich dem Bilde von mit miliaren Tuberkeln übersäten Lungen; z. T. konfluieren die Flecken zu großen homogenen Feldern. Das getüpfelte Gebiet entspricht in seiner Form und Lage etwa einem stark ausgedehnten Gelenksraum samt Umgebung; es ist unten ziemlich scharf umschrieben, dehnt sich nach oben weit aus, — weiter, als es der Gelenkhöhle und Bursa suprapatellaris entspricht — ohne scharfe Grenze, und zwar hat das Gebiet des Gelenkspalts nach oben sowohl medial als auch lateral je einen Ausläufer, der laterale ist besonders lang und im ganzen oberen Teil verschwommen gefleckt, was dem vorderen Teil der Tumormasse entspricht. Dadurch erkennt man, daß die Ausläufer des Tumor etwa die Form von Polypen hat.

In diesem Gebiet sind Femur, Tibia und Fibula nur zum Teil zu sehen, die Gelenkenden sind nicht zu erkennen; der Femurschaft wird, wenn man ihn von oben nach unten verfolgt, im medialen Teile sogar schon oberhalb des dunklen Tumors unsichtbar. Alle 3 Knochendiaphysen sind abnorm durchsichtig, porotisch, die Kortikalis ist sehr verdünnt. Beim Vergleich der Lage des Unterschenkels zum Oberschenkel ist eine leichte Subluxation zu erkennen.



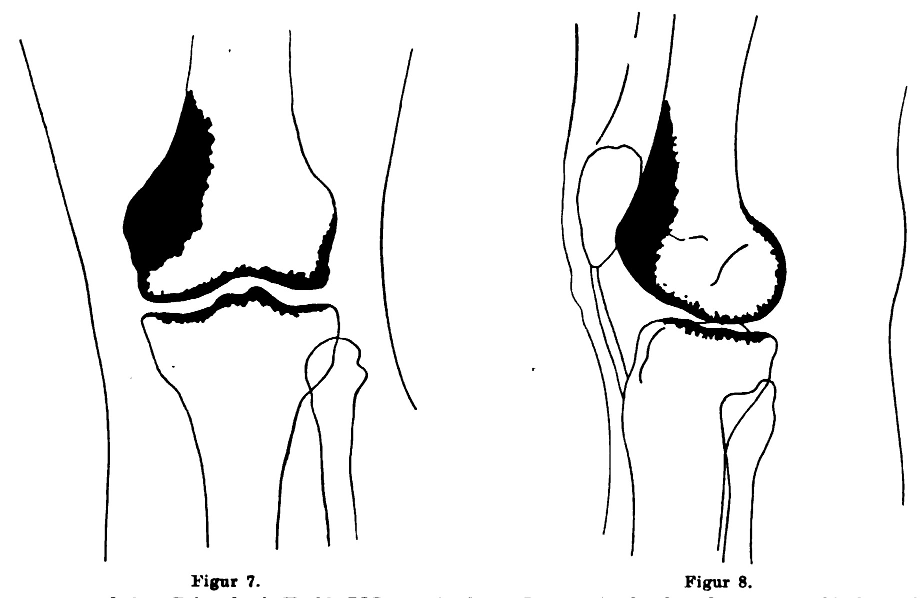
Figur 5. Figur 6.

Figur 5 und 6. Fall III. Kapselchondrom des rechten Kniegelenks. Fig. 5. Aufnahme von vorne nach hinten, 6. Aufnahme von außen nach innen. Das Gebiet des Tumors schraffiert. Form der Geschwulst sehr ungleichmäßig, große rundliche Masse in der ganzen Region der Gelenkhöhle und Umgebung, Ausläufer nach oben in die Bursa suprapatellaris und darüber hinaus, auch Massen in der Bursa praepatellaris und darüber hinaus, sowie in der Bursa gastrocnemii. Die Form der Geschwulst zum Teil an Polypen erinnernd. Unscharfe Knochenkonturen punktiert, am Femur vorne medial ein großer Defekt, das Gelenk nicht zusammengesunken, die Knochen einander nicht näher gerückt (Menisci nicht erweicht), der Unterschenkel ein wenig subluxiert, auch die Patella nur wenig verschoben. Die Haut stark vorgewölbt. (Hinterer Kontur von Tumor und Haut auf der Platte nicht mehr vorhanden, hier nur konstruiert und daher mit unterbrochenen Linien gezeichnet, Hautkontur wahrscheinlich noch zu wenig hinausgeschoben gezeichnet.) In Figur 5 stellt x x die Linie vor, von welcher aufwärts nur die vorderen oberen Ausläufer der Geschwulst projiziert sind — im Bilde heller erscheinend und mehr verschwommen strukturiert. $^2/_5$ natürl. Größe. (Vergleiche Figur 3 und 4 auf Tafel XXII.)

Seitenaufnahme, von außen nach innen **(Fig 4 auf Tafel XXII).** Der Befund entspricht dem vorigen. Es ist eine große, vorne stark prominente, dunkle Masse vorhanden, die vor allem der stark ausgedehnten Gelenkhöhle samt vorderen und hinteren Schleimbeuteln (Bursa suprapatellaris, gastrocnemii usw.) entspricht und von unzähligen Kalk- und Knochenherden durchsetzt ist; außerdem hat die Masse nach unten und vor allem nach oben hin noch über das Gebiet der vorderen Bursa hinaus eine Fortsetzung. Unten sind die dunklen Flecken sehr dicht gesät, oben schütterer. Die Konturen der Knochenenden und des Gelenkspalts sind nur noch hie und da verschwommen sichtbar. Daß die Knochen hier so mangelhaft abgebildet erscheinen, beruht offenbar teils auf der Anwesenheit der dicken und dichten Tumormasse, teils auf bedeutender Knochenatrophie; außerdem sind aber auch große, oberflächliche Knochendefekte vorhanden, speziell erscheint der Femur in seinem vorderen Teil zerstört. Die Patella ist vom Femur stark abgehoben und nur undeutlich zu sehen.

Epikrise.

Es handelt sich bei einem Manne mittleren Alters (38 Jahre) um eine mindestens seit 6 Jahren bestehende schwere Affektion des rechten Kniegelenks, mit allmählich zunehmender Verdickung der Region, Schmerzen und frühzeitig Bildung einer vollkommenen Ankylose. Zuerst wurde von den Ärzten eine einfache entzündliche Gelenkaffektion, später Fungus angenommen. Schließlich lehrten aber mehrere Umstände, daß ein bösartiger Tumor des Gelenkes vorliegt: die heftigen Schmerzen, die harte und höckerige Beschaffenheit der Geschwulst und das rasche Wachstum zu bedeutender Größe, mit starker spindelförmiger Verdickung der Extremität bis weit hinauf und die Verdünnung der Haut mit erweiterten Venen. Gegen die Bösartigkeit der Geschwulst schien allerdings der gute Allgemeinzustand des Mannes und die Abwesenheit von Metastasen zu sprechen.



Figur 7. Figur 8.

Figur 7 und 8. Die bei Fall III nach dem Röntgenbefund vermutlich erkrankten Knochenteile durch schwarzen Ton in den Bildern eines normalen Kniegelenks bezeichnet. Am Femur großer Defekt vorne medial, an den Gelenkflächen geringere Zerstörungen. (Die Geschwulstmasse in der Gelenkhöhle und Nachbarschaft nicht gezeichnet, auch die leichte Subluxation nicht markiert.)

Der Röntgenbefund zeigt, daß ein großer Tumor im Gelenk vorhanden ist, der von zahlreichen Kalk- bzw. Knochenherden durchsetzt ist, die getüpfelte Struktur erinnert geradezu an das Bild einer an Miliartuberkulose erkrankten Lunge. Die Geschwulstmasse füllt wahrscheinlich wie ein praller Ausguß die stark ausgedehnte Gelenkhöhle aus samt den umgebenden Schleimbeuteln, speziell vorne die ganze Bursa suprapatellaris und praepatellaris, mit Bildung einer starken Prominenz vorne, ferner hinten die Bursa gastrocnemii. Die Geschwulst hat außerdem zu einer Zerstörung der Kapsel geführt, mit einer vorderen und hinteren Fortsetzung nach oben über das Gebiet der Schleimbeutel hinaus und Zapfen bis in die Muskulatur (Quadriceps); die Geschwulst hat dadurch im ganzen eine komplizierte Gestalt mit Ausläufern nach Art von Polypen namentlich nach oben. Die Gelenkkapsel ist auch vor der Patella von der Geschwulstmasse durchbrochen, mit Bildung von Knoten im subkutanen Zellgewebe. Auch sind die Knochen, besonders der Femur (namentlich medial und vorne unter der Patella) stellenweise zerstört, was allerdings durch Deckung durch die großen dunklen Tumormassen und durch Knochenatrophie (Durchsichtigkeit) nicht in allen Details erkennbar ist. Der Befund entspricht einem sehr großen und bösartig gewordenen **Gelenkkapselchondrom.**

Der Fall ist sowohl nach der Lokalisation und Form der Geschwulst, als auch nach der Tüpfelung mit vielen Kalk- und Knochenherden einigen oben referierten Fällen sehr ähnlich, so z. B. dem Falle von Lexer, wo ebenfalls verkalkte Knoten in der umgebenden Muskulatur und im Fettpolster vorhanden waren, und auch dem Falle von Kobylinski, wo auch die Patella von der Wucherung umwachsen bzw. durchwachsen war.

In Anbetracht des Vorhandenseins eines großen, fast alle Gewebe der Region durchsetzenden bösartigen Tumors, ferner der Gebrauchsunfähigkeit und Schmerzhaftigkeit des Gliedes, sowie der Gefahr einer Metastasierung war die Vornahme einer eingreifenden Operation angezeigt. Nach unserer Untersuchung wurde durch **Dr. Micholitsch** noch am gleichen Tage zur **Amputation** des Beines geschritten, und zwar mit Schnittführung etwa in der mittleren Höhe des Oberschenkels.

Präparat. Das Gelenk hochgradig verdickt, uneben und hart anzufühlen, bei Versuch zu beugen, ein starker elastischer Widerstand. Beim Aufschneiden des Gelenks von vorne durch einen sagittalen Längsschnitt ist eine ausgedehnte Tumormasse zu sehen, sie stellt vor allem eine pralle Ausfüllung der stark ausgedehnten Gelenkhöhle dar; das Geschwulstgewebe lappig gebaut, grau-weißlich, etwas transparent, ziemlich hart, elastisch; die Patella von der Tumormasse rings umwachsen und nach hinten fixiert, der Femurknochen hier zerstört. Die Geschwulst ersetzt zum größten Teil die Gelenkkapsel, die Menisci sind anscheinend ganz verschwunden, durch die Neubildung sind die gegenüberliegenden Gelenkteile fast überall miteinander verwachsen. Die Kapsel ist nicht nur durch die Masse stark ausgedehnt und ersetzt, sondern stellenweise auch durchbrochen; in der Umgebung sind harte Knoten zu finden, sowohl in der Muskulatur, als auch im Unterhautzellgewebe. Typisches Kapselchondrom von enormer Größe.

Die anatomische Untersuchung des Präparates bestätigte also die radiologische Diagnose.

Nachuntersuchung durch Dr. Micholitsch im November 1915 (also 6 Monate später): Kein Rezidiv, Allgemeinzustand gut.

Briefe des Patienten vom 2. Mai 1916 und 5. Januar 1917, also **1 bzw. 1½ Jahre nach der Operation** (in Beantwortung meiner Anfragen): Am Stumpf noch eine kleine Wunde, die Prothese wird daher nicht getragen, nur ab und zu Schmerzen. Allgemeiner Gesundheitszustand gut.

Fall IV.

Tumor des Sprunggelenks.

Mann in den 40iger Jahren. Seit 7 Jahren Beschwerden. Klinischer Befund: Große knochenharte Schwellung in der Knöchelgegend ringsum, Ankylose, Schmerzen. Klinische Diagnose zuletzt: Knochensarkom. Röntgenbefund: Im oberen Sprunggelenk eine große, z. T. blumenkohlartige, sehr stark verknöcherte Tumormasse mit beträchtlicher Ausdehnung der Gelenkhöhle. Diagnose: Gelenkkapselchondrom. Amputation. Präparat: Gelenkchondrom mit starker Verknöcherung, auch Knochen mit Geschwulstmasse infiltriert, besonders Talus, aber kein Zusammenbruch, keine Luxation.

Beobachtung.

Wenzel P., 48 Jahre alt, Tischler. Untersuchung an der Poliklinik am 11 Mai 1916. Übersandt von der chirurgischen Abteilung Professor A. Fränkel.

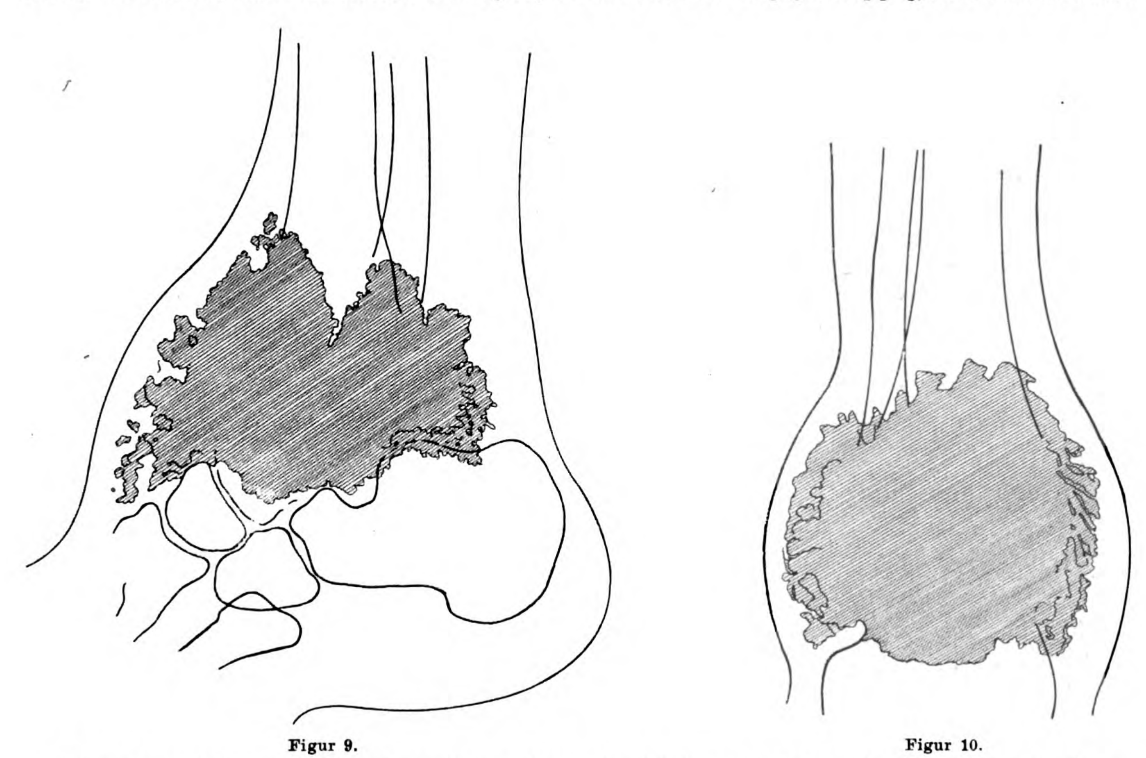
Anamnese. Seit 7 Jahren Erkrankung des linken Sprunggelenks, Beginn mit Anschwellung vorne außen, allmählich Zunahme der Verdickung und Hinzutreten von Schmerzen. Es wurde eine entzündliche Erkrankung angenommen, die Behandlung bestand in Umschlägen. Dann verschlechterte sich der Zustand, es wurde besonders an Fungus und Lues gedacht, auch eine antiluetische Behandlung vorgenommen, aber ohne Erfolg. Vor 2 Jahren war eine weitere Verschlimmerung eingetreten, es wurde daher an einer chirurgischen Klinik zur Beseitigung der Schmerzen ein fixer Verband angelegt; seitdem ist das Gelenk ganz steif. Der Zustand des Gelenks verschlimmerte sich trotz-

dem auch weiterhin immer mehr, die Verdickung wurde größer, die Schmerzen heftiger, sie traten besonders bei Nacht auf.

Befund. Blaß, mager, aber in der letzten Zeit nicht stärker abgemagert. Am linken Fuß in der Knöchelgegend eine starke Anschwellung, die Region ist kugelförmig verdickt bis zu etwa Zweifaustgröße, Tibia und Fibula tauchen anscheinend in die Geschwulst ein. Der Tumor etwas uneben, knochenhart, wenig schmerzhaft. Vollkommene Ankylose, Extremität abgemagert.

Klinische Diagnose: Osteosarkom.

Am nächsten Tag **Röntgenuntersuchung. Seitenaufnahme** von innen nach außen (**Fig. 5 auf Tafel XXII**). An dem in Normalstellung befindlichen Fuß ist in der Gegend des oberen Sprunggelenks ein großer, unregelmäßig rundlicher, gekerbter sehr dunkel erscheinender Tumor vorhanden; das Zentrum fast homogen, die äußeren Teile dagegen lappig, zum Teil blumen-

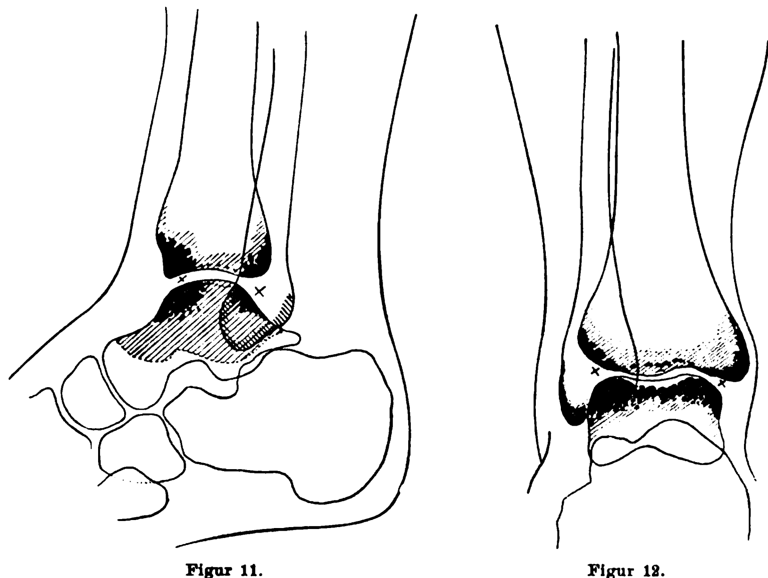


Figur 9. Figur 10.

Figur 9 und 10. Fall IV. Kapselchondrom des linken Sprunggelenks. Fig. 9. Aufnahme von innen nach außen, 10. Aufnahme von vorne nach hinten. Das Gebiet des Tumors schraffiert, die Geschwulst etwa kugelig geformt, doch unregelmäßig, blumenkohlartig, mit Einkerbungen oben lateral und Fortsätzen am Fußrücken; Zentrum beiläufig in der Mitte des Gelenks, Die Konturen der Knochenenden durch den Tumor gedeckt, ganz unsichtbar, die Knochen anscheinend nicht aufgetrieben, sondern einfach in den Tumor eintauchend, auch nicht zusammengesunken, im Gelenk keine Verschiebung. Die Haut vorne, außen und innen vorgetrieben. $^1/_2$ natürl. Größe. (Vergleiche Figur 5 und 6 auf Tafel XXII.)

kohlartig und kleinfleckig. Den Knochen des Gelenks liegt vorne eine große, hinten eine kleine Tumormasse an. Vorne sind auch die Weichteile (Hautkontur!) stark vorgewölbt, hier reicht der Tumorschatten fast bis 1 cm unter die Haut, hinten ist dies nicht der Fall. Nach oben reicht der Schatten 3—5 cm (hinten 3, vorne 5 cm) über die konstruierte Sprunggelenklinie hinauf; die Enden der Unterschenkelknochen sind nicht sichtbar, vielmehr im Tumor ganz verschwunden. Nach unten reicht der Tumor bis zu einer welligen, nahezu horizontalen Linie, welche von der Dorsalseite der Keilbeine bis zur Dorsalseite des Fersenbeins zieht. Der Talus ist fast unsichtbar, nur der untere Kontur des Körpers und die distale Hälfte des Kopfes sind noch erkennbar, dieser Teil des Knochens erscheint samt dem vorderen Gelenk und Navikulare normal. Auch das Fersenbein dürfte gesund sein, allerdings finden sich im Gebiet der oberen Teile dieses Knochens einige kleine wolkige Schattenflecken, offenbar von aufgelagerten Tumormassen. Alle sichtbaren Teile des Skeletts sind zu durchsichtig, porotisch, atrophisch. Zeichen von Zusammenbruch von Knochen oder von Luxation bzw. Subluxation fehlen.

Hinteraufnahme, Projektion von vorne nach hinten **(Figur 6 auf Tafel XXII).** An dem in Normalstellung befindlichen Fuß ist in der Region des oberen Sprunggelenks ein großer, kugeliger, sehr dunkel erscheinender Tumor vorhanden, er reicht außen und innen bis etwa ¹/₂ cm unter die Haut. Diese ist durch die Geschwulst außen und innen stark, und zwar gleich stark vorgewölbt mit gleichmäßig bogigem Kontur. Die Vorwölbung beginnt etwa 4 cm oberhalb der konstruierten Sprunggelenklinie und reicht bis in das Niveau der oberen Fersenbeinteile abwärts. Der Tumorschatten ist sehr dunkel, im allgemeinen homogen, nur in den äußeren Teilen fleckig, wolkig, ohne sichtbare Schale. Die Enden von Tibia und Fibula sind nicht sichtbar, vielmehr in Tumor verschwunden; die daran anschließenden Abschnitte der Malleolen sind zwar normal, aber noch von dunklen Tumormassen überlagert; auch das Periost der Knochen ist am Tumorrand weder abgehoben noch verknöchert. Unten ist das Fersenbein erkennbar, das Gelenk mit dem Talus aber kaum mehr zu erkennen, auch die Taluskonturen sind unsichtbar. Der Fuß steht, wie gesagt, normal, er ist weder proniert, noch supiniert, noch seitlich abgewichen; auch fehlen Zeichen von Zusammenbruch von Knochen, die Region ist nicht verkürzt. Die Unterschenkelknochen sind zu hell und dabei streifig, also porotisch, atrophisch. Auch die Unterschenkelmuskulatur ist verdünnt und aufgehellt.


Figur 11. Figur 12.

Figur 11 und 12. Die bei Fall IV erkrankten Knochenteile mit schwarzem und schraffiertem Ton markiert (schwarz: schwerere Veränderung, fast Eburnation, grau: leichtere Veränderung). Fig. 11 nach dem sagittalen Längsschnitt durch das anatomische Präparat (amputierten Teil) gezeichnet, 12, für einen entsprechenden frontalen Längsschnitt konstruiert. Talus sehr stark erkrankt, Tibia weniger, Fibula am wenigsten. Die gegenüberliegenden Knochenteile am Rande der Gelenkflächen (zirkulär) bei x durch die Tumormasse miteinander fest verbunden, vollkommene Ankylose des Gelenks, die Knochenüberzüge aber an den zentralen Teilen der Gelenkflächen, zwischen den beiden Kreuzen erhalten. Keine Verschiebung der Knochen gegeneinander, keine Luxation oder Subluxation, auch kein Zusammenbruch der Knochen. (Die Geschwulstmasse in der Gelenkhöhle und Umgebung nicht gezeichnet.)

Radiologische Diagnose: Tumor des oberen Sprunggelenks, und zwar stark verkalktes bzw. verknöchertes **Chondrom der Kapsel,** anscheinend von den Ansatzstellen an die Knochen ausgehend.

Die Anwesenheit des großen, noch immer im Wachstum begriffenen Tumors, die Unbrauchbarkeit und Schmerzhaftigkeit des Körperteils gaben die Indikation zu einer Amputation.

Operation am 13. Mai 1916 an der chirurgischen Abteilung durch Assistenten Dr. S. **Erdheim.** Amputation im Bereich des Unterschenkels unterhalb der Mitte.

Präparat. Sagittaler Längsschnitt (durch Tibia, Talus und Calcaneus ziehend). In der Mitte des amputierten Teiles: im Gebiete des oberen Sprunggelenks befindet sich ein großer Tumor; die Massen scheinen zunächst der Tibia aufzusitzen, und zwar besonders vorne, hier die Sehnen vom Knochen abgedrängt, das Zentrum liegt etwa in der Mitte des genannten Gelenks. Die Masse ist graurötlich, knochenhart, letzteres besonders in den inneren, zentralen Teilen. Der Tumor gehört offenbar der Gelenkkapsel an u. zw. den Ansatzstellen an die Knochen; die Kapsel ist größtenteils zerstört.

Es hat auch eine Einwucherung in die Knochen stattgefunden. Vorne am Gelenk sind sowohl die Tibia als auch der Talus verändert: der vordere untere Teil der Tibia (Kante) und der gegenüberliegende Teil des Talushalses; der daran nach oben anstoßende Teil der vorderen Tibiafläche ist dagegen intakt, hier liegt die Tumormasse dem Knochen einfach auf. Die Masse zieht ohne Unter-

brechung brückenförmig von der Spongiosa der Tibia über das Gebiet der verschwundenen Knorpelüberzüge und des angrenzenden Gelenkspalts in die Spongiosa des Talus; daran nach hinten anschließend sind die Knochenoberflächen samt Knorpelüberzügen von Tibia und Talus erhalten. Der Talus ist aber fast in seiner ganzen Substanz durch die harte Aftermasse ersetzt, nur der Kopf ist noch frei. Dabei sind Tibia und Talus nicht zusammengesunken, auch nicht etwa aufgetrieben.

Hinten findet sich am Gelenk eine ähnliche, nur geringere Veränderung: eine den beiden Knochen aufsitzende Tumormasse, ein Ersatz der Tibiakante und des Talusendes durch Tumormasse mit vollkommener, brückenförmiger fixer Verbindung der beiden Knochen, mit lokalem Fehlen der ursprünglichen Knochenoberflächen und Grenzen. Das Gelenk zwischen Talus und Calcaneus ist dagegen fast ganz erhalten.

Die übrigen Knochen und Gelenke der Fußwurzel sind intakt. Eine Verschiebung der Knochen gegeneinander (Luxation oder Subluxation) hat nicht stattgefunden.

Mikroskopischer Befund (pathologisch-anatomisches Institut der Poliklinik, Professor **Joannovics**). Hyalines **Chondrom** mit fibrösen Septen und ausgebreiteten Verkalkungsherden und Verknöcherungsherden, wahrscheinlich von den Ansatzstellen der Gelenkkapsel an die Knochen entspringend.

Verlauf. Nach der Operation nur geringe Störung des Allgemeinzustandes und der Wundheilung. Nach einer Woche Entfernung der Nähte. Am 30. Mai steht Patient auf und geht mit Krücken im Zimmer herum. 9. Juni geheilt entlassen.

Nachuntersuchung 29. XII. 1916. Operationsnarbe normal, keine neue Anschwellung, nur Schmerzen im Stumpf. Geht mit Prothese in Arbeit. Allgemeinzustand wie früher.

Epikrise.

Es handelt sich um einen 48jährigen Mann, der seit 7 Jahren an einer fortschreitenden, ernsten Affektion des linken Fußes und zwar des Talo-Tibialgelenks leidet, mit allmählich zunehmender Verdickung und Schmerzen; schließlich kam es zu hochgradiger Anschwellung, Bewegungseinschränkung der Gegend und vollkommener Ankylose, der Allgemeinzustand blieb aber dabei gut. Die Diagnose schwankte lange Zeit zwischen **Arthritis**, tuberkulösem **Fungus** und **Lues**, erst in der letzten Zeit konnte bei der äußeren Untersuchung des Körperteiles auf Grund der nun entwickelten starken Verdickung der Region (Knöchel- und Talusgegend) bis Zweifaustgröße, vollkommener Ankylose und Knochenhärte die Wahrscheinlichkeitsdiagnose einer **bösartigen Geschwulst** des Knochens, „Osteosarkom" gestellt werden. Ob es sich um einen zentralen oder periostalen Tumor handle, konnte natürlich durch Palpation nicht entschieden werden.

Die Röntgenuntersuchung ergab nun den Befund eines großen **Kapselchondroms** des oberen Sprunggelenks; es zeigt sich dabei ein großer, sehr stark fleckig verkalkter bzw. verknöcherter Tumor mit dem Zentrum im Gebiete des Gelenkspalts zwischen Tibia und Talus, mit vollkommener Anfüllung der Gelenkhöhle, Ausdehnung und sogar Überschreitung der Gelenkkapsel; infolge der großen Dunkelheit des Tumorschattens läßt sich über eine eventuelle Erkrankung der drei in Betracht kommenden Knochen nichts aussagen, man kann vielmehr dabei nur feststellen, daß kein Zusammenbruch von Knochen (keine Verkürzung des Unterschenkels oder Fußes) und keine Luxation oder Subluxation vorhanden ist — entsprechend der äußerst festen Konsistenz der aus reinem Knorpel- und Knochengewebe bestehenden Geschwulst ohne Spur von Erweichung. Als Ausgangspunkt der Geschwulst ergibt sich mit großer Wahrscheinlichkeit das Gebiet der Ansatzstellen der Gelenkkapsel an die Knochen, besonders an Tibia und Talus.

Es war nun eine eingreifende **Operation,** eine Amputation im Bereiche des Unterschenkels indiziert; sie wurde an der chirurgischen Abteilung der Polikinik (Professor A. Fränkel) durch den Assistenten **Dr. S. Erdheim** vorgenommen.

Die Untersuchung des anatomischen **Präparates** bestätigte die radiologische Diagnose eines soliden, knorpeligen, stark verköcherten Gelenkkapseltumors mit Ausfüllung und Ausdehnung der Gelenkhöhle und zirkulärer Umwucherung der Knochen, und ergänzte sie noch insoferne, als sie zeigte, daß die angrenzenden Skeletteile: Tibia und

Talus, wahrscheinlich auch Fibula stellenweise durch die Tumormasse ersetzt sind, mit vollkommener Ankylose des Gelenks (Brückenbildung). Es ist eine fast vollständige Durchwucherung des Talus mit Ausnahme des Kopfes vorhanden und eine partielle Zerstörung der fibrösen Kapsel; von dem unteren Tibiaabschnitt zeigen sich dagegen nur die Randteile (an den Kapselansätzen) zerstört, der zentrale Teil der überknorpelten Gelenkfläche samt der gegenüberliegenden Talusfläche ist dagegen intakt. Es ist kein Zusammenbruch der Knochen und keine Auftreibung derselben vorhanden, auch keine Luxation oder Subluxation; es fehlen auch am Tumor Zeichen von Erweichung vollkommen.

Auch die **histologische Untersuchung** (Professor **Joannovics**) bestätigte unsere Annahme, sie ergab nämlich ebenfalls und zwar nun in ganz unzweideutiger Weise das Vorhandensein eines hyalinen, stark verkalkten und verknöcherten **Chondroms** der Gelenkkapsel, von den Ansatzstellen an die Knochen ausgehend.

Der weitere **Verlauf** des Falles war — wenigstens zunächst — ein günstiger; anscheinend wurde der Patient rechtzeitig operiert, noch bevor es zu Metastasen gekommen war, die vielleicht sonst bei der Natur, Größe und Ausbreitung des Tumors bald erschienen wären.

Ein ganz ähnlicher Fall von Affektion des oberen Sprunggelenks, ebenfalls mit starker Einwucherung des Tumors in die Substanz des Talus, liegt in der oben referierten Beobachtung I von Langemak vor, ebenfalls mit den postoperativen anatomischen und mikroskopischen Befund eines Kapselchondroms.

3. Ergebnisse.

Auf Grund des Studiums der oben angeführten 12 Fälle von Gelenkkapselchondrom (8 Fälle der Literatur und 4 eigene Beobachtungen) lassen sich bemerkenswerte, z. T. neue Ergebnisse ableiten.

Vorkommen. Von der Erkrankung werden Individuen ganz verschiedenen Alters betroffen, es sind Fälle mit 16 Jahren und über 50 Jahre beschrieben, am häufigsten tritt wohl die Affektion zwischen dem 20. und 30. Jahr auf. Sowohl Männer als auch Frauen können erkranken, erstere häufiger als letztere. Auffallend oft werden besonders kräftige Individuen befallen (Fälle von W. Müller, Riedel, Rehn, Reichel, mein Fall III).

Betroffenes Gelenk. Es können wahrscheinlich alle Gelenke von der Erkrankung befallen werden, und zwar sind Fälle bekannt mit Ergriffensein von Gelenken der oberen und der unteren Extremitäten: von Fingergelenken (Grundgelenk), von Hand-, Ellbogen-, Schultergelenk, von Sprung- und Kniegelenk, noch nicht aber vom Hüftgelenk, wahrscheinlich weil die Fälle zur Zeit der Untersuchung mit Stellung der Diagnose „bösartiger Tumor“ bereits als inoperabel erkannt und daher weiterhin sich selbst überlassen wurden; von Erkrankung des Kniegelenkes sind am meisten Fälle beschrieben, was sich zugleich aus der Wichtigkeit des Gelenkes und Operabilität des Körperteiles (Amputation) erklärt.

Stets ist nur ein einziges Gelenk befallen, Fälle mit multipler Erkrankung sind bisher ganz unbekannt.

Eine Beziehung zu den multiplen Chondromen (Enchondromen) des Skeletts besteht nicht.

Anatomie. Es handelt sich um **Chondrome der Gelenkkapsel** und zwar der inneren Schichte: **der Synovialis,** speziell um reine hyaline Knorpelgeschwülste. Meist sind im Gelenk viele kleinere und größere Tumoren vorhanden, die kleinsten etwa stecknadelkopfgroß und sehr zahlreich, die größeren knollig, blumenkohlartig, nuß- oder selbst faustgroß und gering an Zahl, letzteres z. B. in den Fällen von Rehn (Ellbogengelenk), Hagemann (Schultergelenk), Kobylinski (Kniegelenk mit faustgroßem Tumor). Zuweilen sitzen die Geschwülste vor allem an den Kapselansatzstellen an die Knochen, z. B. in den Fällen

von W. Müller (Metakarpo-Phalangealgelenk), Hagemann (Schultergelenk), Langemak Fall I (Sprunggelenk, Talus), Kobylinski (Kniegelenk, Tibia), ferner in meinen Fällen II (Kniegelenk, Femur) und III (Sprunggelenk, Tibia und Talus). Die Geschwülste sitzen bei beträchtlicher Größe der Kapsel und dem Knochen breit auf. Manchmal sind einige Knollen bereits von der Basis losgetrennt zu finden (Riedel).

Die Affektion wird am besten als „Chondrom der Gelenkkapsel" oder „Synovialis" bezeichnet, eventuell auch als „Chondromatose des Gelenks" — wie es von Reichel vorgeschlagen wurde, da meist viele Knoten vorhanden sind und die Ausbreitung der Affektion über die Oberfläche der Synovialis eine bedeutende ist. Übrigens ist es nicht besonders wahrscheinlich, daß die Geschwülste an mehreren oder gar vielen Punkten der Gelenkintima voneinander unabhängig entstehen; vielmehr entspringt wohl ursprünglich die Geschwulst nur an einer Stelle als ein kleiner isolierter Knoten, dieser breitet sich dann nicht nur allmählich über eine größere Fläche aus, sondern es kommt auch zur Bildung neuer isolierter Knoten in der Umgebung. Der Ausgangspunkt der Geschwulstbildung dürfte irgendeine Stelle der Synovialis sein, manchmal ist es gerade ein Punkt der Ansatzstellen der fibrösen Gelenkkapsel an die Knochen; mehrere Autoren, so z. B. Müller (Fußgelenk) und Langemak (Fall I, Sprunggelenk) meinen geradezu, daß in ihren Fällen die Geschwulst nicht von der Synovialis, sondern vom Ansatzpunkt der fibrösen Kapsel an einen Knochen ausgegangen sei.

Die **Gelenkhöhle** ist zur Zeit der Untersuchung meist bereits zum großen Teile oder sogar ganz **mit der Geschwulstmasse angefüllt**, die Knollen sitzen speziell auch in den Falten und Taschen des Gelenks und in den benachbarten Schleimbeuteln, z. B. im Falle von Hagemann (Schultergelenk), Kobylinski, Lexer, Reichel und in meinen Fällen II und III (Kniegelenk, jedesmal mit Anfüllung der Bursa suprapatellaris). Nach stärkerem Wachstum der Knollen wird die Kapsel auch bedeutend ausgedehnt. Bei allen Fällen findet sich an den Tumoren herdweise Verkalkung und Verknöcherung, manchmal sogar in großer Ausdehnung vor.

Ferner wird in der Regel schon der eine oder andere **Knochen des Gelenks** erkrankt gefunden und zwar noch innerhalb der Gelenkkapsel. Es findet wahrscheinlich gewöhnlich zuerst an einer umschriebenen Stelle und zwar neben dem Knorpelüberzug bzw. an der Kapselansatzstelle ein Durchbruch der Geschwulstmasse durch die Kortikalis und eine Einwucherung in die Spongiosa statt; bei der weiteren Wucherung wird die Spongiosa sogar in großer Ausdehnung von der Aftermasse ersetzt, diese breitet sich im Knochen auch seitlich aus und erstreckt sich bis unter den Knorpelüberzug der benachbarten Teile, der an sich lange verschont bleibt. Unter den oben angeführten 12 Fällen war eine Erkrankung der Knochen bei 11 Fällen zu finden: in den Fällen von Riedel (Handgelenk, Ulna), Rehn (Ellbogengelenk, Ulna), Hagemann (Schultergelenk, Humerus), Langemak Fall I (Sprunggelenk, Talus), Kobylinski (Kniegelenk, Patella), Lexer (Kniegelenk, Femur), Rumpel (Kniegelenk, Femur). In meinen Fällen war ergriffen: bei I mit Erkrankung des Ellbogengelenks der Humerus, bei II und III mit Erkrankung des Kniegelenks besonders der Femur, bei IV mit Erkrankung des oberen Sprunggelenks die Tibia und noch mehr der Talus, wahrscheinlich auch die Fibula. Von diesen Fällen liegen übrigens öfter nur Röntgenbefunde vor, bei einer anatomischen Untersuchung hätte sich hier das Ergriffensein der Knochen nur noch deutlicher gezeigt.

Manchmal — so z. B. in dem Falle von Lexer und in meinen Fällen — findet sich außerdem auch ein Durchbruch der Geschwulst **durch die Kapsel** nach außen, eine Einwucherung von Knollen in der Muskulatur und in dem Fettpolster mit Verkalkung der Knollen.

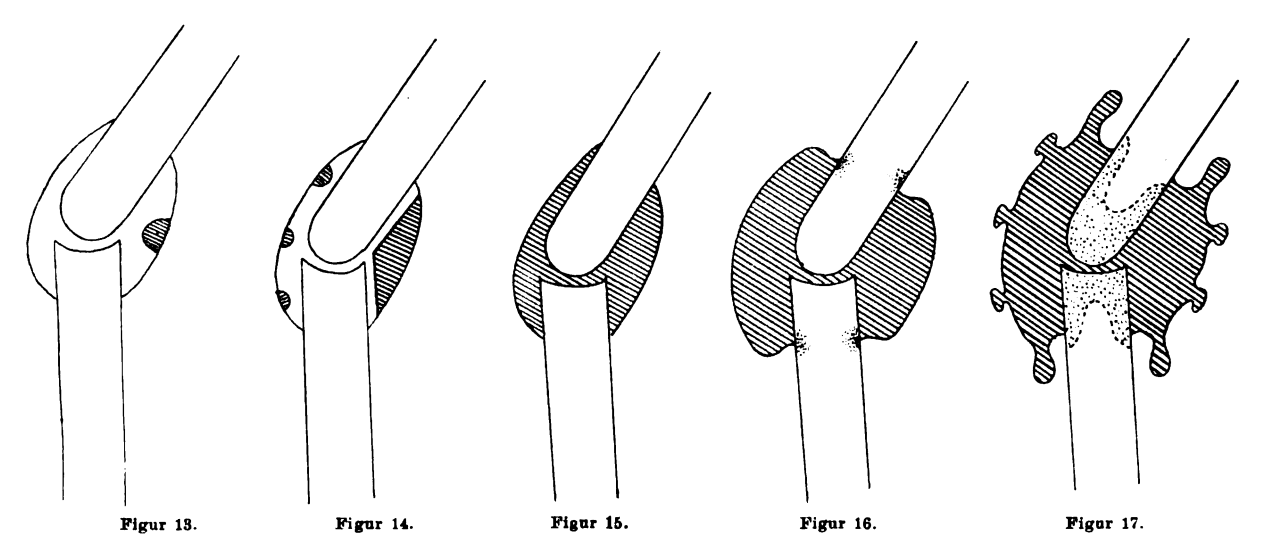
Die Geschwulst bleibt also keineswegs auf die Synovialis und Gelenkhöhle beschränkt und gutartig, sie wird vielmehr **stets bösartig**, und wuchert nach allen Seiten in die Nachbargewebe ein.

Eine Einwucherung in die Lymph- und Blutgefäße (Venen) und entsprechende Erkrankung der regionären Lymphdrüsen und Bildung von Metastasen in den inneren Organen ist allerdings bisher nicht bekannt (es handelt sich hier um negative klinische Befunde), doch dürfte es in Anbetracht der Erfahrungen bei Chondromen an anderen Skelettteilen schließlich auch dazu kommen können — die Erkrankung war eben in den bisher beobachteten Fällen nur noch nicht so weit fortgeschritten, die Patienten wurden vielmehr noch rechtzeitig der Operation unterzogen.

Man kann demnach mehrere Stadien im **Verlaufe** der Affektion unterscheiden:

1. Kleiner isolierter Knoten im Gelenk;
2. mehrere verschieden große Knoten;
3. Gelenkhöhle samt Taschen und Schleimbeuteln mit Geschwulstmasse wie ausgegossen;
4. Kapsel ausgedehnt, Knochen oberflächlich von der Masse durchwachsen;
5. Knochen bis in die Tiefe zerstört, Brückenankylose der gegenüberliegenden Knochenteile durch Tumormasse, Kapsel gesprengt, Knoten in Muskulatur, eventuell auch im Fettpolster.

Dazu könnte wohl noch als 6. und 7. Stadium kommen: Metastasen in den regionären Lymphdrüsen und inneren Organen mit darauffolgendem letalen Ausgang.



Figur 13. Figur 14. Figur 15. Figur 16. Figur 17.

Figur 13 bis 17. Wachstum des Gelenkkapselchondroms, an einem vereinfachten Gelenk in 5 Stadien schematisch dargestellt. Fig. 13. Ein kleiner Knoten (hier an der Beugeseite des Gelenks an der Synovialis als Ausgangspunkt der Geschwulst). 14. Der Knoten gewachsen, an der gegenüberliegenden Streckseite des Gelenks an der Synovialis mehrere kleine neue Knoten (Metastasen?). 15. Ganze Gelenkhöhle mit Geschwulstmasse prall angefüllt, vollkommene Ankylose. 16. Gelenkkapsel stark ausgedehnt, an den Kapselansatzstellen von der Oberfläche her beginnende Einwucherung der Geschwulst in die Knochen (punktierte Zonen). 17. Gelenkkapselwand durchbrochen, Geschwulstknospen außerhalb, die Gelenkteile der Knochen ganz von Geschwulstmasse durchwachsen, jedoch ohne Formveränderung, speziell ohne Auftreibung, „Aufblähung“ der Knochen, auch ohne Zusammenbrechen derselben.

Klinischer Befund und Verlauf. Wenn die Patienten zum Arzt, speziell Chirurgen, kommen, beträgt die angebliche **Dauer** der Affektion meist bereits einige Jahre, manchmal allerdings nur $^1/_2$ Jahr oder noch weniger (Fall von W. Müller, Langemak Fall I, Kobylinski, meine Fälle I und II), manchmal aber 5, 6, 7 Jahre, (Riedel, Lexer, Reichel, meine Fälle III und IV) oder selbst über 10 Jahre (Rumpel).

In manchen Fällen wird vom Kranken eine stärkere Anstrengung oder ein leichtes **Trauma** als Ursache der Geschwulstbildung angegeben (Fall von Riedel, Handgelenk, Wäscheringen; Rehn, Ellbogengelenk, Stoß; mein Fall I, Ellbogengelenk, wahrscheinlich

Stoß); doch ist zu dieser Zeit die Geschwulst offenbar bereits vorhanden gewesen; sie dürfte allerdings vorher oft unbemerkt geblieben sein, bzw. nur wenig Störungen gemacht haben; dann erst begann sie rasch zu bedeutender Größe zu wachsen, vielleicht durch den Reiz traumatischer Läsionen des Geschwulstgewebes (Zerreißungen und Blutungen) und durch herabgesetzte Widerstandskraft des gesunden Wirtgewebes (trophische Störungen).

Die **Beschwerden** der Patienten bestehen in einer Einschränkung der Beweglichkeit und in Schmerzen; die Schmerzen kommen manchmal viel später zum Vorschein als die Schwellung und Bewegungsbehinderung, was bemerkenswert ist; in anderen Fällen werden allerdings umgekehrt zuerst Schmerzen empfunden, dann erst wird vom Patienten die Schwellung bemerkt. Manchmal entstehen die Schmerzen ab und zu plötzlich, wahrscheinlich bei Einklemmung von Knorpelstücken. In späteren Stadien werden die Erscheinungen ärger: die Schmerzen heftiger, zuweilen sogar kontinuierlich, treten also nicht etwa nur bei Bewegungen des Gelenks auf, die Bewegungen werden ganz unmöglich mit Bildung einer völligen Ankylose. Beide Arten von Störungen rühren wohl z. T. von der Anwesenheit der Geschwulst im Gelenk an sich her, mit Druck auf die gesunden Gewebe und Nerven, z. T. aber von einer begleitenden Entzündung des Gelenks.

Die objektiven **klinischen Erscheinungen** sind Verdickung des Gelenks und Einschränkung der Beweglichkeit. Die Schwellung des Gelenks entspricht der Anwesenheit einer größeren festen Masse im Gelenk, bei älteren Fällen nach Lage, Form und Konsistenz sogar einer vollständigen Anfüllung und Ausdehnung der Gelenkhöhle mit festen Massen; die Schwellung ist übrigens meist keine gleichmäßige, die Oberfläche ist vielmehr knollig und höckrig, zuweilen sind überhaupt nur an der einen oder anderen Stelle Knollen zu finden, andere Teile des Gelenks dagegen ganz frei. Die Knollen sind meist auffallend hart. Die Bewegungseinschränkung ist meistens in Anbetracht der starken Verdickung nicht allzu bedeutend, manchmal besteht aber bereits fast vollkommene oder sogar vollständige Ankylose, zuweilen allerdings erst nach längerer Behandlung des Gelenks im Fixierverband. Dann ist der Abschnitt der Extremität in der Regel schon ringsum gleichmäßig und stark **„spindelförmig“** angeschwollen. Manchmal, wenn auch selten, ist auch eine **Luxation** oder Subluxation des Gelenks vorhanden, öfters seit einem leichten Trauma (in meinen Fällen I und III). Zuweilen erhält man bei passiven Bewegungen die Erscheinungen von Krepitation; nur ausnahmsweise besteht auch Druckschmerzhaftigkeit, wahrscheinlich bei begleitender Entzündung. Manchmal sind, wie gesagt, auch in der Umgebung des Gelenks in der Muskulatur und im Fettpolster Knollen zu tasten. Bei sehr starker Schwellung des Gelenks ist auch die Haut verdünnt und sind die subkutanen Venen erweitert, manchmal ist auch der distale Teil der Extremität ödematös (durch Druck des Tumors auf die großen Venen), manchmal bestehen auch ausstrahlende Schmerzen (durch Druck auf die sensiblen Nervenstämme).

In den bisher beobachteten Fällen waren — wie gesagt — die regionären Lymphdrüsen nicht vergrößert, der Allgemeinzustand war auch nicht gestört, das Aussehen der Patienten ein gutes.

Auch bei der klinischen Untersuchung der Fälle dürfte manchmal die Berücksichtigung der obengenannten Unterscheidung des Verlaufes in mehrere Stadien von Vorteil sein.

Der **Röntgenbefund** wurde bei Gelenkkapselchondromen bereits von mehreren Autoren erhoben und zwar von den Chirurgen Rehn (Ellbogengelenk), Hagemann (Schultergelenk) und Lexer (Kniegelenk), wo stets von „wolkigen Schatten“ in der Gegend des Gelenks infolge von Anwesenheit der Geschwulst gesprochen, aber keine weitere Analyse der Befunde vorgenommen wurde. Daran schließen sich die Röntgenuntersuchungen in meinen vier Fällen; sie gestatten eine detaillierte Charakterisierung des für die Affektion typischen Befundes — was vor allem für diagnostische Zwecke wichtig sein dürfte.

In vorgeschrittenen Fällen findet sich in der Gelenkregion eine mitteldichte bis

dichte, offenbar feste Masse (Tumor) vor, welche die Gelenkenden der Knochen zum Teil oder sogar ganz umgibt, rundlich, z. B. eiförmig geformt ist, dabei manchmal oberflächlich gelappt bzw. gekerbt, in anderen Fällen sogar mit polypenartigen Ausläufern versehen ist. Der Tumor stellt im Bilde nach Gestalt und Lage sozusagen einen erstarrten prallen **Ausguß der Gelenkhöhle** samt Taschen und Schleimbeuteln dar; manchmal erscheint dabei die Kapsel auch stark ausgedehnt. Der Tumor ist im Bilde manchmal durchsetzt von zahlreichen, zum Teil dichtgedrängten oder zusammenfließenden, rundlichen oder länglichen, streifigen, oft etwas verschwommenen, dunkleren Schattenflecken, welche dem Gebiet ein sehr charakteristisches „getüpfeltes“ oder „wolkiges“ Aussehen geben, entsprechend zahlreichen Verkalkungs- und Verknöcherungsherden (Fälle von Lexer, Kobylinski, meine Fälle I, II und III); ich möchte das Bild geradezu als **„kalkfleckig“** bezeichnen und — besonders in Fällen von Tüpfelung mutatis mutandis mit dem Röntgenbild einer von miliaren Tuberkeln durchsetzten Lunge vergleichen. In anderen Fällen sind kleine, mit Spongiosastruktur versehene typische Knochenherde sichtbar (Fall von Rumpel) oder sogar größere spongiöse Knochenteile. In noch anderen Fällen endlich ist die ganze Geschwulst durch eine strahlige, dendritisch verzweigte, blumenkohlartige oder korallenförmige Knochenmasse dargestellt und sieht dann wie ein Osteom aus, mit einem vollkommen dichten (schwarzen) Zentrum an den Knochen und mit radiären verästelten Strahlen gegen die Peripherie, wobei die äußersten Teile von Kalk frei (hell) bleiben (mein Fall IV). Eine knöcherne Schale ist nie vorhanden.

Bei noch weiter fortgeschrittener Affektion finden sich auch Zeichen von Übergreifen der Geschwulst auf die Nachbarschaft und zwar zunächst eine mehr oder weniger ausgedehnte verschwommene **Aufhellung,** oberflächliche Zerstörung der Knochenoberflächen oder umgekehrt eine homogene Verdichtung **(Verdunklung)** der benachbarten Knochenabschnitte durch eingewuchertes, sehr kalkreiches und die Markräume ganz ausfüllendes Geschwulstgewebe, aber **ohne Auftreibung** der Knochen, ferner sind manchmal auch verkalkte Knoten in der Umgebung des Gelenks, in der Muskulatur und im Fettpolster zu finden, infolge von Durchbruch der Geschwulst durch die Kapsel- und Schleimbeutelwandungen nach außen. In Fällen, in denen die Geschwulst einen so dichten Schatten gibt wie ein Osteom, wobei man die im Tumor eintauchenden Gelenkenden der Knochen nicht mehr unterscheiden kann, die benachbarten Skeletteile aber normal aussehen, ist es leicht erklärlich, daß man auch keinen Aufschluß über etwaige Zerstörung der Knochen im Zentrum des Tumors erhalten kann, um so weniger als auch noch gewöhnlich infolge von Ankylose des Gelenks Porose der Knochen, „Inaktivitätsatrophie“ besteht.

Zeichen von **Zusammenbruch** von Knochen durch Erweichung, speziell mit Verkürzung der Region **fehlen** stets; dagegen kann durch Kapselzerstörung und -Ruptur eine Subluxation oder Luxation der Knochen entstanden sein, was übrigens ebenfalls nur ausnahmsweise der Fall ist (meine Beobachtung I, Ellbogengelenk).

Über die Unterscheidung von mehreren Stadien im Verlauf der Affektion wurde bereits oben gesprochen, die Röntgenuntersuchung gibt darüber besonders gute Anhaltspunkte.

Die **klinische Differentialdiagnose** der Affektion ist im allgemeinen sehr schwierig. Man denkt gewöhnlich, namentlich in den ersten Jahren des Bestandes des Leidens, entsprechend der Schwellung des Gelenks mit mäßiger Bewegungseinschränkung und Schmerzen an **Arthritis deformans** oder an einen **Fremdkörper** im Gelenk — doch ist die Schwellung in unseren Fällen oft ganz umschrieben und auffallend hart. Oder man nimmt eine **kartilaginäre Exostose** an (Fall von Rumpel) — doch ist die Lokalisation im Gelenk auffällig. Bei vollständiger Ankylose, Verschiebung der Knochen und sehr harter Konsistenz der Verdickung, insbesondere wenn auch ein Trauma als Ursache

angegeben wird, denkt man an **Fraktur** der Knochen im Bereiche des Gelenks **mit Kallus** oder an **Luxation** des Gelenks mit **Myositis ossificans** (mein Fall I).

Doch muß man bei weiterer Beobachtung des Falles mit fortschreitender Zunahme der Schwellung alle diese Diagnosen fallen lassen; man nimmt nun meist eine **tuberkulöse** Erkrankung des Gelenks, speziell **Fungus** der Gelenkkapsel an (Fall von Hagemann, meine Fälle II und III); dagegen spricht aber schon die unregelmäßige, harte, höckrige Beschaffenheit der Schwellung, das Fehlen von Erweichung und Fluktuation, ferner — auch bei starker, schon lange bestehender Schwellung — das Fehlen von Fistelbildung, endlich auch das Fehlen von Fieber; ferner ist bei unserer Affektion das einemal die Schmerzhaftigkeit auffallend gering und die Beweglichkeit noch immer nicht ganz verschwunden, entsprechend dem nichtendzündlichen Charakter der Affektion, das anderemal sind umgekehrt die Schmerzen auffallend heftig und kontinuierlich und die Ankylose ist eine vollkommene; außerdem kommt es bei Fungus viel häufiger, bzw. früher zu Zerstörung mit Erweichung des Knochens u. zw. durch **Karies** mit Subluxation des Gelenks.

In anderen Fällen nimmt man eine **luetische** Affektion an, speziell ossifizierende **Periostitis** u. zw. sowohl entsprechend der harten Schwellung als auch den Schmerzen (mein Fall IV); doch erscheint bei unserer Affektion schon bei äußerlicher Untersuchung nicht die Diaphyse, sondern das Gelenk selbst ergriffen. Schließlich könnte man auch meinen, es liege eine **Arthropathie** bei Rückenmarkserkrankung vor, vor allem **Tabes** — doch fehlen in unseren Fällen die entsprechenden typischen Erscheinungen: Pupillenstarre, Fehlen der Patellarreflexe, Ataxie, totale Schmerzlosigkeit. Bei **Syringomyelie** kommen ähnliche schmerzlose Gelenkveränderungen vor, und zwar häufiger an den Oberextremitäten als an den Unterextremitäten — im Gegensatz zu Tabes — die Erkennung ist durch Untersuchung des Nervensystems möglich.

Ist am Gelenk ein sehr großer, harter Tumor mit starken Schmerzen und Bewegungseinschränkung, bzw. Ankylose vorhanden und wird ein Fortschreiten des Wachstums beobachtet, so wird meist schließlich erkannt, daß ein bösartiger Tumor vorliegt, man denkt aber — bei Unkenntnis der Existenz der Kapselchondrome — immer an **Sarkom.**

Tatsächlich wurde die Affektion in allen bisher beobachteten Fällen so lange **verkannt** — in meinen Fällen III und IV sogar **6** und **7 Jahre,** in anderen Fällen noch länger —, bis die Röntgenuntersuchung oder Operation Aufklärung brachte.

Radiologische Differentialdiagnose. Bei fortgeschrittener Erkrankung dürfte der Befund einer partiellen oder vollständigen Anfüllung der Gelenkhöhle, eventuell auch einer Ausdehnung derselben, mit einer kalkfleckigen, offenbar festen Masse ohne Knochenschale die Diagnose häufig sicherstellen, sei es daß die Knochen noch intakt gefunden werden, sei es daß oberflächliche Knochendefekte nachweisbar sind, wenn nur andere Erscheinungen von Knochenaffektion fehlen, vor allem Auftreibung der Knochen, am Rande der Geschwulst von der Diaphyse abgehobenes und verknöchertes Periost, ferner Zeichen von Zusammenbruch des Skeletts mit Winkelbildung und Verkürzung des Teiles abwesend sind. Vorgefundene Knochendefekte liegen stets zunächst innerhalb der Gelenkkapsel an den Gelenkenden, oft am Rande der überknorpelten Flächen selbst. Bei noch weiter vorgeschrittener Affektion spricht auch das Vorhandensein von verkalkten Herden außerhalb der Gelenkkapsel für die Diagnose.

Die Unterscheidung von **Arthritis deformans** ist bei beginnenden Fällen unserer Affektion, wo nur an einer Stelle kleine verkalkte Wucherungen vorhanden sind und noch kein Ausguß der Gelenkhöhle mit Tumormasse gebildet ist, sehr schwierig oder überhaupt unmöglich; doch sind bei Arthritis deformans meist an mehreren Stellen des Gelenks und zwar am Rande der Gelenkflächen dem Knochen gestielt aufsitzende kleine Wucherungen vorhanden, manchmal mit perlschnurartiger Anreihung,

während bei unserer Affektion dann auch große Wucherungen vorhanden sind. Die bei vorgeschrittenen Fällen vorhandene totale Anfüllung der Gelenkhöhle oder gar eine Ausdehnung der Kapsel mit Wucherungen kommen dagegen bei Arthritis deformans nicht vor, noch weniger ein Überschreiten des fibrösen Kapselwalles durch die verkalkten Wucherungen oder Knochendefekte. Kleine, ganz umschriebene, rundliche und scharf konturierte Knochendefekte werden bei Polyarthritis synovialis chronica angetroffen, aber nicht in Begleitung von größeren verkalkten Wucherungen; hier handelt es sich also sowohl lokal als auch überhaupt am Gesamtorganismus um einen ganz anderen Befund.

Fremdkörper im Gelenk sind meist metallisch und dann im Bilde leicht zu erkennen, begleitende verkalkte und verknöcherte Gewebswucherungen entstehen dabei nicht.

Eine **kartilaginäre Exostose** bildet einen mit vorgewölbter Kortikalis versehenen Spongiosavorsprung am Knochen, ist scharf begrenzt und liegt immer außerhalb des Gelenkes; trägt die Exostose ein Chondrom („supraexostotisches Chondrom"), so sind sowohl die basale Exostose, als auch das knochenschwammige Chondrom als solche zu erkennen.

Myositis ossificans traumatica erzeugt ebenfalls ein wolkiges, den Knochen angelagertes Schattenbild, der Herd liegt häufig in der Nähe eines Gelenks; doch läßt sich dabei aus der Lage und Form der abnormen Masse erkennen, daß sie außerhalb der Gelenkkapsel liegt; ferner ist zwischen der dunkel gefleckten Masse und dem benachbarten Knochen eine charakteristische, schmale, durchwegs ca. 1 mm breite, helle Zone von der nicht ossifizierten inneren Schichte des Periosts vorhanden.

Bei **Fungus** und **Karies tuberculosa** kommt eine ähnliche Zerstörung des Knochens vor wie bei unserer Affektion, auch mit begleitender, starker, gleichmäßiger Atrophie (Porose) der Knochen der Region, und ferner auch eine Ausfüllung des Gelenks mit einer Gewebsmasse, aber eine beträchtliche, fleckige oder wolkige Verkalkung derselben fehlt dabei.

Bei **Syphilis** der Gelenke sind die Knochen auf ganz andere Weise erkrankt, manchmal wie bei gewöhnlicher Polyarthritis synovialis, ferner sind meist an den anstoßenden Diaphysenteilen periostale Knochenauflagerungen vorhanden.

Bei **Arthropathie** durch **Tabes** und **Syringomyelie** sind oft in der Umgebung des Gelenks größere, sehr unregelmäßige Knochenstücke eingestreut, die Gelenkteile der Knochen sind oft dunkel und wie strukturlos, zuweilen ist auch eine Absprengung der abnormen Knochenteile und Luxation oder Subluxation vorhanden.

Anhang.

Außerdem gibt es in den Gelenken auch **andere** seltene Geschwülste: **Fibrome** und **Angiome**, speziell an den Knorpeln oder an der Synovialis, außerdem **Lipome** und zwar auch **solitär**, abgesehen von dem bekannten, weitverzweigt gebauten Lipoma arborescens.

Robson. Matrose. Anamnese. Vor 2 Jahren Kontusion des Knies.

Befund. Starke Schwellung des Gelenks, Verdacht auf einen intraartikulären Fremdkörper.

Operation. Im Gelenk drei der Synovialis breitbasig aufsitzende Geschwülste, ein haselnußgroßer, ein walnußgroßer und ein hühnereigroßer Knoten.

Mikroskopisch: wahre Fibrome der Synovialis.

v. Brunn 1907. 18jähriges Mädchen. Schwellung eines Kniegelenkes seit 2 Jahren. Operation. Fibrom des äußeren Meniskus.

Duda 1894. 18jähriger Mann. Anamnese. Seit 4 Wochen mäßige Schmerzen und etwas Steifigkeit im linken Kniegelenk.

Befund. Anschwellung, etwas Fluktuation. Verdacht auf abgekapselte Bursitis.

Operation. Im Gelenk ein walnußgroßer lipomatöser Tumor, mit der Gelenkkapsel zusammenhängend. Extirpation. Heilung.

Mikroskopisch: Angiom.

Eine Unterscheidung dieser Geschwülste von dem Chondrom dürfte nach dem Röntgenbefunde schwierig sein, manchmal aber doch durch die Abwesenheit von Verkalkungs- und Verknöcherungsherden gelingen.

Behandlung, Operation. Da man die Affektion in den bisher beschriebenen Fällen bei den Kranken meist jahrelang verkannte, die Gelenkerkrankung z. B. für Arthritis deformans, tuberkululösen Fungus oder Lues hielt (erst nach Vornahme der Operation wurde das Leiden erkannt), so war auch die Behandlung dementsprechend fehlerhaft, sie war nämlich rein konservativ. Wenn die Schmerzen im Gelenk besonders bei Bewegung oder sogar spontan einen hohen Grad erreichten oder kontinuierlich andauerten, wurde endlich ein starrer Verband angelegt; dadurch wurde allerdings oft erzielt, daß die Schmerzen nachließen, auch wurde wohl durch Fernhalten von funktionellen und traumatischen Reizen das Auftreten von neuerlichen Entzündungen verhindert und das Wachstum des Tumors verlangsamt.

Die Röntgenuntersuchung des Gelenks ermöglicht aber bei Kenntnis der Existenz des Leidens und Berücksichtigung der oben angeführten Merkmale die Erkennung desselben. Wenn die Diagnose gestellt ist, soll sobald als möglich zur **Operation** geschritten werden, und zwar zu einem radikalen Eingriff. Eine bloße Exstirpation der knorpeligen Tumoren und erkrankten Kapselteile dürfte nicht genügen, nicht einmal bei beginnenden Fällen mit anscheinend noch wenigen und zirkumskripten Knoten, worauf doch bald eine Rezidive erfolgen würde; man denke an den Fall von Riedel mit wiederholten Rezidiven nach ungenügenden Operationen. Es soll vielmehr gleich eine vollständige extraartikuläre **Gelenkresektion** (sie wurde von Lexer in seinem Fall mit Erfolg gemacht) oder **Amputation** des Gliedes vorgenommen werden.

Der Röntgenbefund dürfte oft auch für die Art der Operation ausschlaggebend sein, namentlich wenn man aus dem äußeren Palpationsbefund nicht entnehmen kann, ob die Kapsel bereits vom Tumor durchbrochen ist. Wenn sich im Röntgenbild zeigt, daß die Knochen nicht oder höchstens intraartikulär ergriffen sind und daß auch die Kapsel nirgends durchbrochen erscheint, so ist eine — wie gesagt: extrakapsuläre — Gelenkresektion angezeigt. Sind aber die Knochen bereits extraartikulär an den Diaphysen erkrankt, sind ferner die Wucherungen auch schon in die das Gelenk umgebenden Weichteile (Muskulatur, Fettpolster) vorgedrungen — was übrigens meist schon die Palpation des Teiles erkennen läßt —, so ist eine Amputation des Gliedes indiziert.

Im weiteren Verlauf der bisher mitgeteilten, entsprechend operierten Fälle zeigte es sich, daß im Laufe der weiteren, öfters jahrelangen Beobachtung der Kranken weder ein lokales Rezidiv auftrat, noch regionäre oder entfernte Metastasen entstanden, daß also die Operation anscheinend **rechtzeitig** vorgenommen worden war (Fälle von Reichel, W. Müller, Lexer und Rehn mit vollständiger Resektion, meine Fälle III und IV mit Amputation).

Im Gegensatz dazu konnte in den in der Literatur mitgeteilten Fällen von Gelenkkapselsarkom die Amputation dem Eintreten von Metastasen nicht mehr vorbeugen (vgl. das nächste Kapitel). Auch die bereits maligen gewordenen Chondrome sind eben noch immer nicht so bösartig, schreiten speziell nicht so schnell auf die Nachbarschaft fort und brechen — wenn überhaupt — bei weitem nicht so früh in die Lymph- und Blutbahnen ein wie die Sarkome.

III. Gelenkkapselsarkome.

I. Geschichtliches und Kasuistik.

So wie die Chondrome sind auch die Sarkome der Knochen nach ihrem Ursprung nicht nur entweder 1. zentrale, „myelogene“ Tumoren oder 2. Periosttumoren, „periostale Sarkome“ — wir denken hier übrigens nur an die primären, nicht an die metastatischen Tumoren, — sondern es gibt auch noch 3. Gelenksarkome; auch diese Geschwülste greifen nämlich von ihrem Ursprung, der Gelenkkapsel, auf den Knochen über.

Wie von den Gelenkchondromen findet man auch von den Gelenksarkomen in

den chirurgischen und pathologisch-anatomischen Lehrbüchern nichts vor, selbst in den großen Monographien über die Geschwülste von v. Virchow und von Borst fehlt eine Besprechung dieser Tumoren.

Hueter erwähnte seinerzeit (Klinik 1876), daß er Sarkomknoten in Gelenken auf der Synovialis sitzend oder in ihrer Substanz eingewurzelt, nie gefunden habe, und fügte noch hinzu, daß dies, verglichen mit der großen entzündlichen Disposition der Synovialis, eine merkwürdige und vorläufig unerklärliche Erscheinung sei (er denkt dabei wohl vor allem an metastatische Erkrankungen).

Nur in Form von nebensächlichen Bemerkungen oder als chirurgisch kasuistische Mitteilungen können in der Literatur einige Fälle von Kapselsarkom entdeckt werden, und zwar durchwegs von Knietumoren.

1. Tumoren ohne Knorpelgewebe.

Albert fand bei einem Manne an einem Beine den unteren Teil des Oberschenkels stark geschwollen, anscheinend durch einen Tumor des Femur; es wurde die Amputation des Beines vorgenommen. Dabei zeigte sich, daß „der Tumor von der Oberfläche des unteren Femurendes ausging, das Kniegelenk von fast allen Seiten umwucherte und sich rückwärts in die Wadenmuskulatur hinein erstreckte". (Lehrbuch der Chirurgie, Bd. IV, Kapitel: Tumoren der unteren Extremitäten). Bei Albert ist auch das Präparat eines ähnlichen Falles von „periostalem Sarkom" des unteren Femurendes von Virchow abgebildet.

Volkmann u. Steudener 1868—1869. 16jähriges Mädchen. Anamnese. Vor 10 Monaten Beginn von Schmerzen im rechten Kniegelenk.

Befund. Dicht unter dem Kniegelenk an dem Condylus internus tibiae eine flache, elastische Geschwulst, empfindlich bei Druck; kein Erguß, die Bewegungen frei.

Diagnose Volkmann's: periostale maligne Neubildung.

Verlauf. 6 Wochen später: Gelenkerguß.

Nun Operation: Amputation im Bereich des Oberschenkels.

Präparat. Tumor vom Periost des Caput tibiae ausgehend, vorne bis dicht unter die Haut reichend, hinten diffus in die Muskeln übergehend. Die Stelle des Knochens (Tibia) rauh, angenagt, Knorpelüberzug der Tibia vorne zum Teil zerstört. Am Fibulaende ähnliche Veränderungen. Im Gelenk die ganze Synovialmembran zu einer grauröotlichen, sarkomatösen Masse entartet, auch die Bursa subcruralis von Tumormassen ausgefüllt, nur die Gelenkknorpel zum großen Teile noch frei.

Mikroskopisch: Medulläres, kleinzelliges Rundzellensarkom.

Gesamtdiagnose: Periostales Sarkom des Tibiakopfes und der Synovialis.

Verlauf. Nach $2^1/_2$ Monaten Rezidiv am Amputationsstumpf.

1 Monat später Exartikulation des Femur.

Bald darauf Brustschmerzen, Erbrechen kaffeesatzähnlicher Massen, rasch fortschreitende Anämie. Über dem rechten Jochbein und linken Humerus neue Tumoren. Exitus. Keine Sektion.

Die Sektion hätte — wie schon Volkmann & Steudener bemerken — wahrscheinlich Metastasen am rechten Jochbein, am linken Humerus, in den Lungen und im Magen ergeben.

Garré 1891. 34jährige Frau. Anamnese. Seit $^3/_4$ Jahren Schmerzen im linken Knie, seit 1 Monat außerdem leichte Schwellung des Gelenks und starke Beeinträchtigung des Ganges.

Befund. Blasse, kachektische Frau. Das linke Bein in der Region des Knies stark spindelförmig angeschwollen und gebeugt, Haut gespannt und von ausgedehnten Venen durchzogen. Das Kniegelenk samt dem oberen Recessus mit einer derben, elastischen Masse angefüllt, wenig druckschmerzhaft. Leichtes Fieber.

Klinische Diagnose: Fungus.

Operation. Im Gelenk die ganze Synovialis in eine knollige, graugelbliche Masse umgewandelt, die Gelenkhöhle dadurch wie ausgegossen, die Knorpelflächen von Tibia, Femur und Patella sowie die Menisken normal, die Gelenkkapsel auch an der Außenfläche verändert. Daher Amputation im Bereich des Oberschenkels.

Präparat (Baumgartner). Die Kortikalis des Femur am externen Kondyl durchbrochen, der Knochen nirgends aufgetrieben, das Knochenmark von Tumormasse durchsetzt; auch die benachbarte Muskulatur von der Neubildung stark ergriffen. Diagnose: Sarkom des Gelenks

Mikroskopisch: Rundzellensarkom mit alveolärem Bau.

Gesamtdiagnose von Garrè: „Diffuses Sarkom der Gelenkkapsel, entweder von der

Gelenkkapsel selbst, oder vom Knochenmark ausgehend." Letzteres erscheint Baumgartner wahrscheinlicher, weil die Tumormasse nur im Mark des Femur starke retrograde Metamorphose zeigt, nicht aber im Gelenk (nicht beweisend!).

Verlauf. Einen Monat nachher Exitus.

Sektion (Baumgartner). Metastatische Tumoren in den Lymphdrüsen der linken Leistengegend und im Becken, auch Knoten in der Leber, in den Lungen, an der Hinterfläche des Sternum und an der Dura.

2. Zum Teil knorpelige Tumoren.

Brann 1896. 39 Jahre alte Frau. Anamnese. Vor $1^1/_2$ Jahren Beginn von Anschwellung des rechten Knies an der Innenseite. Allmählich stärkere Verdickung, Schmerzen und Bettlägerigkeit; schließlich Gehen ganz unmöglich.

Befund. Starke Abmagerung und Blässe. Rechtes Bein etwas flektiert, in der Gegend des Kniegelenks ein über mannskopfgroßer, elastischer Tumor, sich mehr auf den Unter- als den Oberschenkel ausdehnend; Haut von ausgedehnten Venen durchzogen, an der Oberfläche exulzerierte Höcker. Unterschenkel stark ödematös. Inguinaldrüsen beiderseits geschwollen.

Operation. Amputation im Bereich des Oberschenkels.

Präparat. Geschwulst vom Tibiaperiost ausgehend, sich diffus allseitig über das Kniegelenk erstreckend, Condylus internus tibiae fast ganz in eine weiche, gallertartige, blaßgraurote Geschwulstmasse aufgegangen. Gelenkbänder und Synovialis in die Neubildung umgewandelt, Gelenksraum fast vollständig von Geschwulstmasse ausgefüllt. Der Tibiaknochen bis zu 8—10 cm weit abwärts erkrankt, untere Grenze der Veränderung nicht scharf. Nach außen die Geschwulstmasse bis in das Unterhautzellgewebe reichend.

Mikroskopisch: Große kernhaltige, meist spindelförmige Zellen, auch schleimiges Gewebe und echtes Knorpelgewebe mit Erweichungsherden.

Diagnose: „Myxosarkom der Synovialis".

Verlauf. Eiterung, Dekubitus, Exitus 18 Tage nach der Operation.

Langemak 1904, Fall II. 37jährige Frau. Anamnese. Vor 2 Jahren hühnereigroßer Knoten in der linken Kniekehle bemerkt, ab und zu starke Schmerzen und stärkere Anschwellung des Unterschenkels. Zuletzt Beugekontraktur, andauernde Schmerzen und zunehmende Verdickung des Gelenks, starke Abmagerung.

Befund. Mager, kachektisch. Linkes Knie diffus geschwollen, leicht gebeugt. Unterschenkel etwas nach hinten subluxiert. Fluktuation. Bewegungen wegen großer Schmerzhaftigkeit nicht ausführbar. Haut nicht verändert; am Unterschenkel geschlängelte, erweiterte Hautvenen. Ab und zu Fieber bis 38,4. Brustorgane normal.

Klinische Diagnose: Fungus.

Behandlung mit Jodoforminjektionen. Trotzdem Zunahme der Gelenkschwellung und Venenerweiterungen, daher zuletzt Verdacht auf Tumor.

Bald darauf Operation. Ligamentum cruciatum am Ansatz am Femur von einer weißlichen, weichen Masse durchsetzt, diese in der Fossa intercondyloidea in den Femur hineingewuchert, namentlich am inneren Kondyl, das Knochenmark zum Teil von der Masse ersetzt; hintere Kapselwand ebenfalls mit Geschwulstmassen infiltriert; Zwischenknorpel und Tibiafläche normal. Resektion des Gelenks.

Präparat. Im unteren Femurende eine große Höhle, ausgekleidet mit glasigem, schleimigem Tumorgewebe, auch Knochenstücke enthaltend; vordere Wand der Höhle durch eine $1^1/_2$ cm dicke Knochenschale gebildet. Auch die Knorpelflächen des Femur zum Teil zerstört, die Gelenkkapsel infiltriert, ferner die Hinterfläche der Patella teilweise destruiert, die Kreuzbänder von schleimiger Tumormasse ganz durchwachsen.

Mikroskopisch: Die Geschwulst zum Teil lappig gebaut, teils **Chondrom,** teils Myxom, teils Sarkom mit perivaskulären Zellsträngen, also wahrscheinlich Chondrosarkom.

Verlauf. $^1/_2$ Jahr später Rezidiv, wieder Anschwellung und Schmerzen im Knie.

In den nächsten Jahren Zunahme der Verdickung, stärkere Schmerzen, Haut gespannt, fortschreitende Abmagerung.

4 Jahre später zweite Operation wegen großem Rezidiv des Tumors. Amputation im Bereich des Oberschenkels, und zwar da der Sägeschnitt am Femur eine Durchsetzung der Markhöhle mit Tumor zeigt, hoch oben. Gute Heilung der Wunde.

Präparat. Knieregion spindelförmig verdickt auf 24 cm Länge, an den Resektionsflächen Tumorgewebe, ferner Tumormassen unter dem Periost und im Mark.

Diagnose: „Zwischenform zwischen Chondrom, Myxom und Sarkom."

„Eine spätere Nachforschung ergab, daß die Patientin verstorben ist ..., höchstwahrscheinlich an Metastasen.“

Hatch u. Childe 1894. Ca. 35jähriger Neger. Anamnese. Seit einem Jahr nach Fall auf ebenem Boden rasch wachsende Schwellung des linken Kniegelenkes mit Schmerzen und Gehunfähigkeit. Seit dem Sturz die Patella verschoben.

Befund. Enorme spindelförmige Anschwellung des Beines in der Kniegelenkregion von harter Konsistenz, auch Knoten in der Haut. Starke Abmagerung.

Verlauf. Bald Zeichen von Metastasen und Exitus.

Sektion. „Myzetoma“ des Gelenks. Tumormasse rötlich und gelblich, die Knochen bis auf einige Osteophyten am inneren Femurkondyl nicht verändert, umgebende Muskeln hochgradig zerstört, hier der Tumor zerfallen; auch multiple Knoten in der Haut. Metastasen in den Leisten- und Beckendrüsen, ferner in Leber und Milz.

Langemak 1904, Fall III. 38jähriger Mann. Anamnese. Vor 4 Monaten Beginn von Schwellung und Schmerzen im linken Knie, dann Verschlechterung, Abmagerung.

Befund. Linkes Knie in mäßiger Beugestellung ankylotisch, Bewegungen wegen heftiger Schmerzen nicht ausführbar; monströse diffuse, unregelmäßige Schwellung der Kniegelenkregion, oberer Recessus stark vorgewölbt, auch am inneren Tibiakondyl srarke Vorwölbung; Haut gespannt, glänzend, leicht gerötet, Kapsel teigig verdickt, nur an einer Stelle Fluktuation. Am Oberschenkel hinten in der Semitendinosussehne eine über nußgroße, höckerige, knochenharte Geschwulst, darunter in der Kniekehle eine gänseeigroße teigige Geschwulst. Leistendrüsen etwas vergrößert und verhärtet.

Diagnose: maligner Tumor.

Operation. Amputation im Bereich des Oberschenkels.

Präparat. Hühnereigroßer Tumor der Epiphyse der Tibia mit Verdickung des Knochens, medial an der Gelenkkapsel eine kleinapfelgroße Geschwulst. Im Kniegelenk Tumorgewebe, ebenso im oberen Recessus; die vordere Wand der Kapsel und die Bänder von Tumormassen durchwachsen, auch die Femurkondylen in Tumoren umgewandelt, nur der Knorpelüberzug erhalten. Am Femur oberhalb der Kondylen Fraktur, das Mark von Tumorgewebe durchsetzt.

Verlauf. $3^1/_2$ Monate später Rezidiv, neuerdings Fraktur des Femur.

Zweite Operation. Exartikulation des Beines im Hüftgelenk.

Präparat. Der Oberschenkelstumpf von Tumorgewebe durchsetzt, Kompakta zum Teil fehlend, auch in der Muskulatur weiche Tumormassen.

Mikroskopisch: Sarkom mit spindeligen Zellen und Kapillaren, wenig Riesenzellen, nur hie und da Einbruch in die Venen.

Fall mit Röntgenbefund.

Bircher 1908. 20jähriger Bursche. Anamnese. Seit 12 Wochen Anwachsen einer Geschwulst in der linken Kniekehle; zuletzt Schmerzen und Gehunfähigkeit.

Befund. Kräftiger Bursche. Linkes Bein in der Knieregion spindelförmig aufgetrieben, hauptsächlich im Bereiche des Femur, stärkste Vorwölbung medial und hinten; hier die Haut verdünnt und von erweiterten Venen durchzogen. Tumoroberfläche lappig, weich, elastisch, mit der Haut nicht verwachsen, wenig druckempfindlich.

Röntgenbefund. Seitenbild. Das Femurende hinten und vorne porös, vorne eine mäßig dunkle Tumormasse mit zahlreichen bogigen, verschwommenen Schattenflecken angelagert. Antero-posteriore Aufnahme. Am Femur das Diaphysenende medial oberflächlich verschwommen; eine mäßig dunkle, fast homogene Tumormasse sich lateral stark vorwölbend.

Operation. Amputation des Beines im oberen Drittel des Oberschenkels.

Präparat. Mannkopfgroßer Tumor aus dem Planum popliteum des Femur entspringend, der Knochen an dieser Stelle in einem großen Gebiet arrodiert und verdickt. Der Tumor knollig, lappig, in der Mitte hohl, das Periost vom Knochen abgehoben und von der Neubildung durchwachsen. An einzelnen Stellen strahlenförmig angeordnete Knochennadeln vorhanden.

Histologisch: Kleinzelliges Rundzellensarkom.

Gesamtdiagnose: Periostales Sarkom des Femur.

Bei genauerer Durchsicht der Literatur, speziell der chirurgischen und pathologisch-anatomischen Kasuistik der „periostalen Knochensarkome“ der Extremitätengelenke, wären wohl noch so manche andere hiehergehörige Fälle zu endecken. In Rumpels Röntgenatlas über Geschwülste und entzündlichen Erkrankungen der Knochen 1908 findet sich übrigens kein ähnlicher Fall.

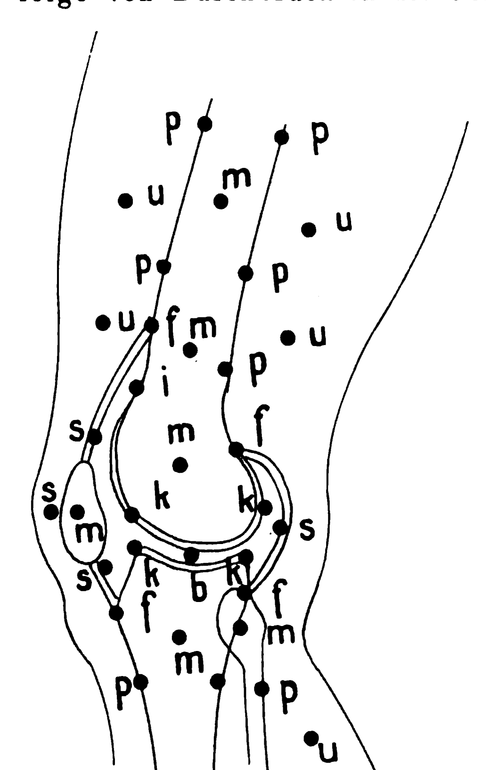
2. Ergebnisse.

In den sieben eben referierten Fällen handelt es sich um Tumoren, die als Gelenksarkome, zum Teil speziell als Gelenkkapselsarkome anzusehen sind.

Vorkommen und betroffene Gelenke. Die erkrankten Individuen sind teils jüngere Personen, teils ältere Leute. Die Affektion kommt wahrscheinlich an allen Gelenken vor; in den referierten Fällen war allerdings stets ein Kniegelenk betroffen; dies erklärt sich wohl daraus, daß alle Mitteilungen von Chirurgen stammen und diese gerade über das allerwichtigste von den amputierbaren großen Gelenken die meisten Erfahrungen sammelten. Albert beobachtete übrigens die Geschwulst auch an einem Hüftgelenk.

Anatomie. Der Tumor (mikroskopisch Rundzellen-, Spindelzellensarkom oder Chondrosarkom) nimmt in den uns vor allem interessierenden Fällen seinen Ausgangspunkt von einer Stelle der inneren Schichte der Gelenkkapsel, der Synovialis: **Gelenkkapselsarkome, Synovialissarkome.** Manche Fälle zeigen einen Ursprung der Geschwulst speziell am Kapselansatz am Knochen. In anderen Fällen scheint der Tumor an anderen Stellen des Gelenkinneren zu entspringen: an einem Punkte des intraartikulären Periostes oder an den Innenbändern des Gelenks, vielleicht auch manchmal an einem Punkte des Knorpelüberzuges eines Knochenendes, bzw. an einen isolierten Gelenkknorpel (Meniscus) — intraartikuläre Periostsarkome, Bandsarkome, Knorpelsarkome.

Außerdem können auch zentrale Knochensarkome, extraartikuläre Periostsarkome, Muskelsarkome und Fasziensarkome im Verlaufe des Wachstums infolge von Durchbruch in die Gelenkhöhle **sekundär intraartikulär** werden. Über die Mannigfaltigkeit der Ursprungsorte von Geschwülsten soll beistehende schematische Zeichnung, Figur 18, ein Bild geben, die Knieregion betreffend.



Figur 18.

Schematische Einzeichnung der denkbaren **Ausgangspunkte** von Tumoren in der Kniegelenkregion und Umgebung.

- **m** myelogener (zentraler) Tumor des Knochens,
- **p** periostaler Tumor des Knochens,
- **i** intraartikulärer Periosttumor am Knochen,
- **k** Tumor des Knorpelüberzugs am Knochen,
- **b** Tumor des freien Gelenkknorpels (Meniscus),
- **s** innerer Gelenkkapsel-, bzw. Synovialistumor, vorne: Schleimbeuteltumor,
- **f** Tumor der fibrösen Gelenkkapsel am Knochenansatz (Periost),
- **u** Tumor der Muskulatur oder Faszie.

Das Gelenkkapselsarkom geht — wie das entsprechende Chondrom — wie gesagt von der Innenfläche der Kapsel (Synovialis) aus, der Tumor bildet bald eine die Gelenkhöhle **wie ein erstarrter Ausguß** prall anfüllende und die Kapsel ausdehnende intraartikuläre Tumormasse. Bald werden auch das intraartikuläre Periost und erst spät auch die Knorpelüberzüge der Knochen zerstört.

Außerdem greift der Tumor auch auf den benachbarten, intraartikulären Teil des **Knochens** selbst über, ihn auf ganz analoge Weise lokal oder breit infiltrierend und destruierend und allmählich auch in die Tiefe fortschreitend, wie es bei den gewöhnlichen (extraartikulären) Periost-Sarkomen der Fall ist.

Auf diese Weise können einige oder alle dem Gelenk angehörenden Knochen affiziert werden, im Kniegelenk z. B. der Femur (Fälle von Albert, Garrè, Hatch u. Childe, Langemak II), die Tibia (Fälle von Volkmann u. Steudener, Brann) oder beide Knochen (Langemak III).

Die Aftermasse kann auch im Markraume auf eine große Strecke hin weiter wuchern (Fälle von Garrè, Langemak II und III); durch Ersatz eines großen Teiles des Knochens kann es dann zu Fraktur (Spontanfraktur) kommen (Langemak III).

Infolge der Zerstörung der Kapselansatzstellen wird die Verbindung der Kapsel mit dem Knochen gelockert oder ganz gelöst, die Kapsel reißt bei einer heftigen Bewegung des Patienten oder bei einem stärkeren Stoß gegen den Körperteil vom Knochen ab, es tritt eine Subluxation oder Luxation des Gelenkes ein: Spontanluxation (Fälle von Hatch u. Childe, Langemak II).

Auch an anderen Stellen wird dann die Kapsel von der Neubildung durchwuchert, diese geht nun auch auf die benachbarte Muskulatur über (Fälle von Albert, Volkmann u. Steudener, Garrè, Hatch u. Childe, Langemak II). Zuweilen wird sogar auch die Haut ergriffen, es entstehen hier Knoten oder breite Exulzerationen (Fälle von Hatch u. Childe, Brann).

Um eine so typische, einheitliche und häufige Affektion wie bei den entsprechenden Chondromen scheint es sich allerdings bei den Gelenkkapselsarkomen nicht zu handeln.

Die **klinischen Erscheinungen** sind in solchen Fällen zuerst nur allgemeine, „indifferente" Erscheinungen von Gelenkaffektion überhaupt, leichtere oder stärkere lokale Schwellung der Gelenkregion und Schmerzen spontan durch das Wachstum des Tumors oder bei Bewegung des Gelenks oder sogar bei bloßer Berührung desselben durch begleitende Arthritis, ferner leichte, dann stärkere Beweglichkeitseinschränkung. Später treten auch noch Erscheinungen von Tumor auf, und zwar mit Anhaltspunkten für Bösartigkeit: besonders starke allseitige, **spindelförmige** Verdickung der Gelenkregion, ziemlich harte Konsistenz derselben, unebene Oberfläche der Masse, die nach Lage und Form offenbar den Gelenkraum ausfüllt, eventuell auch palpable Knoten außerhalb der Gelenkkapsel in der Muskulatur oder sogar im Fettpolster. Dazu kommen manchmal auch noch Erscheinungen von Subluxation bzw. Luxation oder von Fraktur, dann auch Erweiterung der Hautvenen und Ödem des distalen Teiles der Extremität, ferner zuweilen heftige, auch spontan auftretende, lokale und ausstrahlende Schmerzen, manchmal sogar Ulzeration von Tumorknoten in der Haut.

Die Zunahme der Gelenkverdickung und fortschreitende Ausbildung der genannten Erscheinungen erfolgt im Laufe von einigen Wochen und Monaten, also auffallend rasch.

Schließlich treten auch noch entfernte Symptome am Organismus auf durch Metastasen, zuerst harte Schwellung der regionären Lymphdrüsen, endlich auch Erscheinungen an den inneren Organen, Fieber und Kachexie.

Die **klinische Diagnose** ist zuerst, so lange der Tumor noch nicht zu beträchtlicher Größe herangewachsen ist, nicht zu stellen und auch später noch manchmal schwierig. Man nimmt zunächst einfach Arthritis deformans an; zuweilen findet man aber bereits eine stärkere Anschwellung an einem Punkt des Gelenks oder Subluxation, bzw. abnorme Beweglichkeit vor, dann denkt man an Fungus. Erst wenn das Gelenk auffallend rasch an Umfang zunimmt, wenn ferner anstatt Fluktuation eine härtere Resistenz, etwa mit deutlichen Knollen tastbar wird, wobei meist Temperatursteigerungen fehlen, kann die richtige Diagnose eines bösartigen Tumors und zwar Gelenksarkoms gestellt

werden; noch leichter später, wenn die Haut stark verdünnt und von ausgedehnten Venen durchzogen oder gar von der Tumormasse selbst ergriffen wird, sei es in Form von mehreren kleinen Knoten, sei es mit einer größeren lokalen Verhärtung und Exulzeration, oder wenn bereits regionäre Drüsentumoren oder sogar schon Erscheinungen von entfernten Metastasen und Kachexie vorhanden sind.

Die Ähnlichkeit der Geschwülste mit den **Gelenkkapselchondromen** ist wie ersichtlich in klinischer Beziehung sehr groß, eine Unterscheidung kann aber manchmal doch gelingen, und zwar vor allem durch das rasche Wachstum der sarkomatösen Geschwülste (im Verlaufe von Monaten, dagegen bei Chondromen im Verlaufe von Jahren), eventuell auch durch stärkere Schmerzen und weichere Konsistenz, im weiteren Verlaufe durch bald eintretende Ausbildung von Subluxation bzw. Luxation des Gelenks (Kapselzerstörung) oder Fraktur eines Knochens (starke Knochendestruktion), endlich durch früheres Übergreifen auf die Haut und rascheres Auftreten von regionären Drüsentumoren und von entfernten und allgemeinen Erscheinungen von Metastasen.

Die **radiologische Diagnose** dürfte ebenfalls in beginnenden Fällen unmöglich sein; sie wird vielmehr erst dann möglich, wenn das Gelenk bereits ausgußartig angefüllt erscheint durch eine große, allerdings meist homogen erscheinende, selten kalkfleckige Tumormasse, und vor allem wenn auch die Knochen angegriffen werden, mit dem Bilde einer verschwommenen Aufhellung zuerst der oberflächlichen, dann auch der tieferen Teile; dazu kommt manchmal noch Luxation des Gelenks oder Fraktur des Knochens im Bereiche der Veränderung.

Radiologisch kommt zu Beginn des Leidens die Differentialdiagnose gegen die bereits in unserem Kapitel über die Gelenkchondrome genannten Affektionen in Betracht. Von den diesbezüglichen Schwierigkeiten gibt der folgende Fall ein gutes Bild.

Rumpel 1908 (l. c. Seite 29). 22jähriger Mann. Affektion des rechten Kniegelenkes. (Anamnese fehlt, ebenso klinischer Befund, es ist jedoch aus dem Röntgenbild zu entnehmen, daß medial am Gelenk eine große, flache, harte Vorwölbung vorhanden war, sich mehr auf den Unterschenkel als den Oberschenkel ausdehnend). Klinische Diagnose offen bleibend.

Röntgenaufnahme von vorne nach hinten (l. c. Figur 52 auf Tafel XI). Am oberen Tibiaende eine zirkulär aufsitzende Geschwulst, und zwar vor allem medial massig, dagegen lateral nur klein, sich ein großes Stück am Unterschenkelknochen abwärts erstreckend, viel weniger über den Oberschenkel aufwärts, von zahlreichen größeren und kleineren spießförmigen Kalk- bzw. Knochenherden durchsetzt, ohne Knochenschale. Tibia hier weder oberflächlich noch im Inneren aufgehellt, vielmehr umgekehrt sehr dunkel, und zwar diffus durch eine hochgradige Verknöcherung und Verkalkung der Masse im Inneren des Knochens, „der wie mit Tinte geschwärzt erscheint"; die Gelenkfläche erhalten. Die wolkigen Schattenherde in dem Gebiet der Kreuzbänder rühren wahrscheinlich nur von vor oder hinter dem Gelenk befindlichen Massen her. Femur nicht erkrankt. Femur und Tibia diffus aufgehellt, porotisch: Inaktivitätsatrophie.

Diagnose: Sarkom.

Operation: Enucleation. Röntgenbild des Präparates (l. c. Figur 53). Sehr ungleiche Gewebsmassen im Inneren der Tibia, den oberen Teil des Knochens ganz ausfüllend, ferner knochenhältige Massen auch dem Knochen aufgelagert, vor allem medial. Der Knochen nicht erweicht, nirgends oberflächlich defekt, auch Gelenkflächen erhalten.

Diagnose: „Zentrales Sarkom, ausgegangen von der Spongiosa der Tibia dicht unterhalb der Epiphysenfuge, und zwar am medialen Knochenrand, dann im Inneren des Knochens weitergewachsen, sowohl distalwärts als auch in die Epiphyse, dann aus dem Knochen heraus in die Weichteile um den inneren Kondyl, mit radiären Knochenwucherungen daselbst." (Keine mikroskopische Untersuchung!)

Kritik des Referenten. Es handelt sich hier nicht um ein gewöhnliches, langsam wachsendes zentrales Sarkom, denn der Tumor hätte zu einer Auftreibung, „Aufblähung" der Tibia geführt, was nicht der Fall ist. Es handelt sich auch nicht um ein periostales Sarkom der gewöhnlichen Art, da solche Tumoren weich, parenchymatös sind und sehr schnell wachsen, daher nicht oder wenigstens nicht so stark verknöchern; ferner wäre dabei an der Tibia am unteren Tumorrand das Periost abgehoben mit Bildung eines Osteophytwalles, der hier fehlt.

Es könnte vielmehr eher ein Gelenkkapselchondrom oder -Sarkom vorliegen; darauf würde der Sitz des Tumors hinweisen, ferner die Durchwucherung der Tibia mit einer abnormen Masse, ohne Auftreibung des Knochens, dann die Verschonung der überknorpelten Oberflächen, ferner die starke Verkalkung und Verknöcherung der Geschwulst. Auffallend ist nur, daß nicht die ganze Gelenkhöhle samt Bursa suprapatellaris von der Tumormasse ausgefüllt ist.

Jedoch würde das Röntgenbild an sich betrachtet zur Wahrscheinlichkeitsdiagnose Arthropathia tabica führen, sowohl im Hinblick auf die eigentümliche Struktur der nicht verunstalteten Tibia, als auch auf die Zusammensetzung der medial aufgelagerten Massen, als auch endlich auf den normalen Zustand am gegenüberliegenden Knochen: Femur.

Anamnese und klinischer Befund am Individuum fehlen.

Auch nach dem Röntgenbefunde ist das Gelenkkapselsarkom dem Gelenkkapselchondrom sehr ähnlich, eine Unterscheidung ist aber doch manchmal möglich; eine sehr dunkle, kleinfleckige, wolkige oder gar blumenkohlartige Beschaffenheit des Tumorschattens, Geringfügigkeit von Knochendestruktion, Fehlen von Subluxation bzw. Luxation und von Fraktur sprechen mehr für Chondrom.

Übrigens kommen auch **Zwischenformen** zwischen beiden Geschwulstarten vor: **Chondrosarkome;** vielleicht findet manchmal im Verlaufe des Wachstums des Tumors ein allmählicher Übergang von Chondrom zu Sarkom statt (Fall II von Langemak).

Die Unterscheidung beider Tumorarten kann zuweilen auch praktisch, nämlich für die Wahl der vorzunehmenden Operation von Bedeutung sein.

Behandlung, Operation. Die indizierte Operation besteht nach gemachter Diagnose, wenn der Fall nach dem Befunde am übrigen Körper überhaupt noch operabel erscheint, nicht etwa in Gelenkresektion (wie es bei nicht allzu großen Chondromen die Regel ist), sondern zufolge der hochgradigen Malignität der Geschwulst immer in entsprechend hoher **Amputation** des Körperteiles (z. B. bei Knieerkrankung hoch oben am Oberschenkel); die Röntgenuntersuchung kann über das zu wählende Niveau wertvolle Anhaltspunkte geben.

Weiterer Verlauf und Ausgang. Die Natur der Affektion wurde in den referierten Fällen nicht rechtzeitig erkannt, der Eingriff daher, obwohl in hoher Amputation bestehend, zu spät vorgenommen, er konnte dem Auftreten von lokalen Rezidiven und vor allem von Erscheinungen von regionären Metastasen in den Lymphdrüsen oder von entfernten Metastasen (in inneren Organen: Lungen, Milz usw. oder in anderen Teilen des Skeletts) mit bald eintretendem tötlichen Ausgang nicht mehr vorbeugen (Fälle von Volkmann u. Steudener, Garrè, Brann, Langemak Fall II und III).

Im Fall von Hatch u. Childe wurde der Tumor als inoperabel erkannt, in der Tat traten bald Metastasen in inneren Organen und Exitus ein. In manchen noch operablen und in allen bereits inoperablen Fällen wäre der Versuch einer **Röntgenbehandlung** angezeigt.

Dauer des Leidens. Die meist sehr malignen Tumoren wachsen — wie gesagt — rasch; die Lebensdauer des Kranken vom Beginn der Erscheinungen an gerechnet schwankt ebenso wie bei den gewöhnlichen (extraartikulären) Periost-Sarkomen und weichen zentralen Sarkomen meist etwa um **ein Jahr** (Fälle von Garrè $^3/_4$ Jahr, Langemak III vielleicht $^3/_4$ Jahr, Hatch u. Childe 1 Jahr, Volkmann u. Steudener $1^1/_6$ Jahr, Brann $1^1/_2$ Jahre). Manchmal wird aber die Geschwulst länger getragen (im Fall II von Langemak über 4 Jahre), wenn sie nämlich zunächst gutartig ist (Chondrom) und erst später sarkomatös entartet (Chondrosarkom).

IV. Vergleich der Gelenkkapseltumoren mit anderen Geschwülsten der Knochen der Extremitäten.

Nun soll noch ein Vergleich der Gelenkkapseltumoren mit den anderen Tumoren der Knochen der Extremitäten angestellt werden, und zwar von derselben Struktur (Sarkom, Chondrom), aber mit anderem Ausgangspunkte; dabei wird nur von den primären Knochen gesprochen werden.

1. Gewöhnliche Periost-Tumoren.

Die periostalen Tumoren kommen bekanntlich an den verschiedensten Skeletteilen vor und auch bei den einzelnen Knochen anscheinend an den verschiedensten, mit Periost bekleideten Stellen der Knochenoberfläche, bei den Röhrenknochen demnach an den Diaphysen, also extraartikulär, vielleicht mit Vorliebe an Ansatzstellen von Muskeln.

Anatomie. Die Geschwülste entstehen, wie längst bekannt, aus der inneren, dem Knochen zugekehrten Schichte des Periosts (Kambiumschicht). Bei ihrem Wachstum bilden die Massen eine Prominenz am Knochen, das restliche Periost (äußere Schichte) wird nach außen vorgewölbt und bildet für den Tumor einen „Balg". Auch der Knochen wird in breiter Ausdehnung — zuerst oberflächlich, dann oft bis in größere Tiefe — ergriffen, infiltriert und destruiert.

Es sind meist parenchymatöse und weiche, **bösartige Sarkome.**

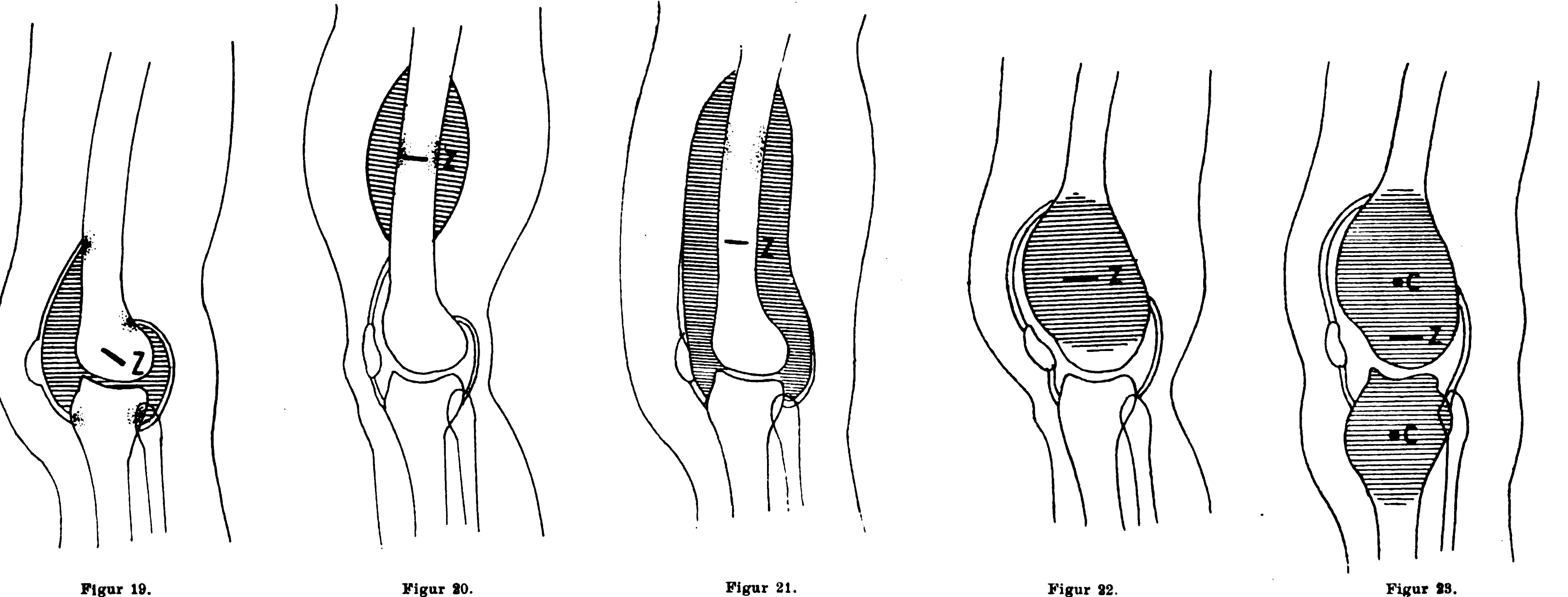
Bei der klinischen Untersuchung zeigt sich eine Verdickung des Knochens, unverschieblich, kleiner oder größer, bei den langen Röhrenknochen ein-, mehr- oder allseitig, meist von harter Konsistenz, es bestehen meist heftige Schmerzen. Die Tumoren wachsen schnell, durchbrechen dann den „Balg", ergreifen nun auch die umgebende Muskulatur, zuweilen auch die Haut und exulzerieren. Sie verhalten sich also sehr malign. Nach verhältnismäig kurzer Dauer des Leidens, z. B. nach einem Jahr gehen die Patienten an Metastasen zugrunde.

Die Operation wird meist zu spät vorgenommen.

In viel selteneren **Ausnahmsfällen** sind die Tumoren fester, enthalten ausschließlich oder wenigstens viel Knorpel- und Knochensubstanz, z. B. mit strahligem Bau; diese Geschwülste wachsen viel langsamer, verschonen lange Zeit die Umgebung und verhalten sich daher zunächst **gutartig,** auch später im Vergleiche mit den früher genannten Tumoren viel weniger bösartig — **Chondrome** und **Chondrosarkome.** Hier ist auch die Prognose nach dem chirurgischen Eingriff besser.

Röntgenbefund. Die Geschwülste erscheinen bei den bösartigen Sarkomen als helle Massen ohne Kalkgehalt oder mit wenigen dunklen Kalkherden; dabei ist eine zunächst oberflächliche, verschwommen begrenzte Zerstörung des Knochens zu finden. Bei den gutartigen Geschwülsten, besonders Chondromen erscheinen die Tumormassen stark kalk- und knochenhältig, mit dunkler Tüpfelung, Streifung oder blumenkohlartiger Struktur mit der Basis am Knochen, manchmal mit Einlagerung von spongiösem Knochen; eine Knochenschale ist auch hier nicht vorhanden, die Zerstörung der Knochenoberfläche erscheint infolge des dunklen Tumortones minder deutlich.

Bei einem **Vergleich** der Gelenkkapseltumoren und Periosttumoren in anatomischer, klinischer und radiologischer Hinsicht findet man fast ausschließlich einen Unterschied in der Lokalisation auf der Längsachse der Extremität; während nämlich die Geschwulst bei den gewöhnlichen Tumoren an den langen Röhrenknochen irgendwo extraartikulär sitzt, liegt sie bei den Gelenkkapseltumoren intraartikulär.



Figur 19. Figur 20. Figur 21. Figur 22. Figur 23.

Figur 19 bis 23. Sich durch den Ausgangspunkt unterscheidende Geschwülste der Knochen und Gelenke (Beispiel: Unterextremität, Knieregion) behufs Differentialdiagnose bei äußerer und vor allem Röntgenuntersuchung nebeneinander gestellt. Profilbild. Schematische Darstellung.

Figur 19, 20 und 22 Typen, 21 und 23 atypische Fälle. 19. Gelenkkapseltumor (Chondrom, seltener Sarkom). Die Gelenkhöhle von der Tumormasse wie von einem erstarrten Ausguß prall angefüllt, die Knochen an den Kapselansatzstellen von der Oberfläche her mit Geschwulstmasse durchwachsen (punktierte Herde). Das Zentrum des Tumors Z etwa im Zentrum des Gebietes des Gelenks, bzw. der Gelenkhöhle liegend, und zwar vorne höher, hinten tiefer; das Zentrum liegt also nicht im Gelenkspalt selbst, sondern davon etwas abseits und zwar im Gebiete des Gelenkkopfes, nicht etwa der Pfanne.

20. Periosttumor (Sarkom, seltener Chondrom). Die Geschwulst abseits vom Gelenk gelegen, höher oben an der Femurdiaphyse, diese von der Tumormasse zirkulär umgeben, der Knochen ringsum zunächst oberflächlich zerstört (punktierte Zonen); das Zentrum des Tumors Z daher auch weit abseits vom Gelenk liegend. (Solche Tumoren kommen auch am Unterschenkel vor.)

21. Der Tumor nach unten weiter gewachsen, in die Gelenkhöhle eingedrungen; diese mit Geschwulstmasse ausgefüllt, die Femurdiaphyse hoch oben zerstört, das Zentrum des Tumors Z nach unten näher ans Gelenk gerückt.

22. Zentraler Tumor des Knochens (Sarkom oder Chondrom). Der Femur betroffen, und zwar das nicht weit vom Knochenende liegende Gebiet um die Epiphysenzone, sowohl ein Teil der Epiphyse als auch der Diaphyse (Metaphyse) betroffen, das überknorpelte Knochenende noch frei. Der Knochen aufgetrieben „aufgebläht“, das Zentrum des Tumors Z im Gebiet des einen Knochens (Femur) liegend, also ähnlich wie in 19, nur noch etwas höher, dabei hinten und vorne gleich hoch; das Gebiet des Gelenkspaltes selbst normal, die Beweglichkeit des Gelenkes frei. Die Unterscheidung der Fälle 19 und 22 ist durch Palpation schwierig und wenn bei 22 die Geschwulstmasse bereits ins Gelenk hineingewuchert ist mit Ankylosierung derselben sogar noch schwieriger (bei 19 übrigens meist höckerige Geschwulstoberfläche, bei 22 Pergamentknittern). (Solche Tumoren kommen auch an den gegenüberliegenden Enden der Unterschenkelknochen vor.)

23. Doppelter zentraler Knochentumor der Gelenkregion, bzw. zwei Tumoren (multiple Enchondrome), ein Tumor am Femur, der andere an der Tibia. Beide Knochen aufgetrieben „aufgebläht“. Das Zentrum des Doppeltumors Z in der Nähe des Gelenkspaltes, die Zentren der einzelnen Tumoren c und c aber ziemlich weit auseinanderliegend. Der Gelenkspalt nicht mehr frei, die Beweglichkeit des Gelenkes daher geschwunden. Bei der äußeren Untersuchung ist die Unterscheidung von 19 und 23 schwierig, u. a. vielleicht durch den Befund einer Einsenkung im Niveau des Gelenkspaltes noch möglich. (Ein solcher Fall. übrigens das Ellbogengelenk betreffend, wird vom Verfasser in einer anderen Arbeit in dieser Zeitschrift veröffentlicht werden.)

In den Röntgenbefunden besteht speziell bei den bösartigen Sarkomen noch ein bemerkenswerter Unterschied entsprechend der verschiedenen Lokalisation der Affektion. Bei den extraartikulären Periostsarkomen findet sich in typischer Weise an der oberen oder unteren Grenze des Tumors das Periost von der Diaphyse abgehoben und auf eine kurze Strecke hin durch entzündliche Reizung ossifiziert, es bildet hier einen **lippenförmigen Osteophytwall** um den Tumor; im Röntgenbild erscheint er als eine charakteristische **Sporn**bildung. Ein solcher Befund **fehlt** begreiflicherweise bei den intraartikulären Tumoren, oder kommt doch wenigstens nur ausnahmsweise vor, wenn nämlich schließlich die Wucherung diaphysenwärts, extraartikulär fortgeschritten ist.

2. Zentrale Knochentumoren.

Die zentralen, „myelogenen“ Tumoren kommen bekanntlich auch an allen Teilen des Skeletts vor, sowohl an den platten Knochen, als auch an den kurzen, spongiösen Knochen und an den Röhrenknochen.

Anatomie. Es sind meist sehr langsam wachsende, zunächst **gutartige** Geschwülste, sie enthalten oft viel Knorpel- und Knochengewebe — **Chondrome, Chondrosarkome,** zuweilen ist fast nur eine **Zyste** zu finden, **Riesenzellensarkome.** Die Tumoren entstehen häufig schon bei Kindern. Bei den Röhrenknochen entwickeln sich die Geschwülste — wie man allgemein weiß — am häufigsten an den Knochenenden und zwar in der Nachbarschaft der Epiphysengrenze, hier betreffen sie meist die Diaphyse, i. e. den „metaphysären“ Abschnitt; sie gehen aber oft auch auf die Epiphyse über, namentlich wenn das Individuum älter wird und die beim jugendlichen Individuum noch vorhandene und noch als Barrière wirkende, knorpelige Epiphysenzone verschwunden ist. Manchmal kommt es zu einer vollständigen inneren Umwandlung des Knochenendes mit entsprechender Vergrößerung, „Auftreibung“, „Aufblähung“ und zwar oft mit starker Deformation. Zuweilen findet auch ein Zusammenbrechen des stellenweise zystischen und daher der Festigkeit beraubten Knochenteiles (Impression) statt oder ein Durchbruch der Geschwulstmasse in die Gelenkhöhle mit Bildung eines Gelenkergusses und einer intraartikulären Tumormasse. Es wird dann bald auch der gegenüberliegende Knochen ergriffen, schließlich tritt stellenweise eine Obliteration der Gelenkhöhle und Verwachsung der gegenüberliegenden Knochen ein, mit Brückenankylose.

Klinisches Verhalten. Die Tumoren erzeugen in der Regel lange Zeit keine äußerlich erkennbare Anschwellung der Region, und auch dann nur zunächst mäßigen Grades. Die Resistenz zeigt Knochenhärte, manchmal mit „Pergamentknittern“. Die Geschwülste verursachen auch lange Zeit keine Schmerzen, auch keine oder nur geringe Bewegungseinschränkung (selbst bei starker Deformation des Knochenendes oft nur gering) und verhalten sich überhaupt lange Zeit benign.

Einfache, lokale Operationen, z. B. Auslöffelung (eventuell mit Plombierung) sind oft nützlich, meist aber setzen doch die Tumoren später einmal ihr Wachstum fort. So werden schließlich nachträglich meist Resektionen des Abschnittes oder sogar Amputationen des Gliedes notwendig.

Viele Jahre erscheinen nun die Individuen geheilt, schließlich zeigen sich aber doch Metastasen in den inneren Organen und früher oder später tritt meist der Tod infolge der Geschwulstbildung ein.

Seltener sind bei den primären zentralen Tumoren der Knochen die weichen, parenchymatösen und rasch wachsenden **bösartigen Sarkome.** Sie kommen manch-

mal auch schon bei Kindern vor, zuweilen auch an den Metaphysen der Röhrenknochen. Es kommt nicht zu einer Auftreibung des Knochens, vielmehr wird die Kortikalis bald durchbrochen. Heftige Schmerzen, nicht selten Spontanfraktur sind die Folge.

Klinisch ist die Erkennung des Leidens meist unmöglich, da eine Verdickung des Knochens fehlt oder gering ist und äußerlich nicht nachgewiesen werden kann. Bald treten Metastasen in inneren Organen und Kachexie ein; auch die Amputation des Körperteiles rettet nicht mehr vor dem nahen Tod.

Radiologischer Befund. Auch bei den zentralen Tumoren ist der Röntgenbefund ein verschiedener, wenn es sich um gutartigere Geschwülste (Chondrom, Chondrosarkom) oder um sehr bösartige Sarkome handelt. Bei beiden Geschwulstarten zeigen sich zwar die Tumoren im affizierten Knochenteil zu Beginn als zentrale rundliche Aufhellungsherde, aber bei den benignen Tumoren mit scharfer Begrenzung und scharfer Innenzeichnung, bei den malignen Tumoren dagegen mit verschwommener Begrenzung und ohne jede dunklere Struktur im Inneren. Bei den gutartigen Geschwülsten sind, solange sie klein sind, am Knochen ausschließlich kleine, rundliche, zentrale Aufhellungsherde vorhanden, manchmal bereits mit schmaler, dunkler Randlinie (Knochenschale), zuweilen auch mit zarten Schattenzügen im Inneren, ein Bild, wie bei einer einfachen oder multilokulären Zyste; später ist eine „Aufblähung" oder „blasige Vergrößerung" des Knochenteiles zu finden, mit sehr reichem, scharfem, weitmaschigem Trabekelnetz und vorgetriebener, verdünnter, scharf konturierter Kortikalis (Schale); die Deformation des Knochenendes kann schließlich eine hochgradige sein und den ganzen Knochenabschnitt betreffen. Manchmal trägt ein Knochen mehrere oder viele solcher Geschwülste von verschiedener Größe und zwar teils zentral — in der Knochenquerschnittmitte oder der Knochenrinde genähert — teils periostal (multiple Chondrome). Bei den bösartigen Sarkomen kommt es dagegen gar nicht oder nur spurenweise zu einer Auftreibung des Knochens, dieser erscheint vielmehr an der Stelle schließlich bloß in eine runde helle Masse umgewandelt, in einem gewissen Stadium mit Verdünnung der Kortikalis von innen her, dann mit vollständigem Defekt derselben in geringer Ausdehnung und Fraktur und zwar wie gesagt stets mit verschwommener Begrenzung gegen das gesunde Knochengewebe und ohne Innenzeichnung; dabei wachsen die Geschwülste nie zu beträchtlicher Größe heran, dazu kann es gar nicht kommen.

Bei einem **Vergleich** der Gelenkkapseltumoren und zentralen Knochentumoren findet man also häufig keinen Unterschied in der Lokalisation auf der Längsachse der Extremität; dagegen zeigt die radiologische und anatomische Untersuchung einen ganz verschiedenen Ursprung und Bau der Geschwülste.

Es besteht somit ein bedeutender Unterschied zwischen den **drei** nach dem Ausgangspunkt verschiedener **Arten** von Geschwülsten der Knochen in anatomischer und daher auch radiologischer Beziehung; dabei stehen einander die extraartikulären Periost- und die intraartikulären Gelenktumoren näher, davon ganz verschieden sind die zentralen Tumoren. Für das klinische Verhalten und den Verlauf ist dagegen vor allem die mikroskopische Beschaffenheit ausschlaggebend. Durch äußere Untersuchung der Region, speziell Palpation, läßt sich allerdings gewöhnlich nicht einmal die Differentialdiagnose bezüglich des Ausgangspunktes stellen, es ist vielmehr dazu eine radiologische Untersuchung erforderlich, sie gibt sogar auch Anhaltspunkte für die mikroskopische Struktur zur Entscheidung der Gut- oder Bösartigkeit der Geschwulst.

Literatur.

1. Gelenkkapselchondrome.

R. Hagemann. Gelenkkapselchondrom (Schultergelenk). Med. Klinik 1913, S. 1243.

T. L. Kobylinski. Gelenkchondrom (Kniegelenk). Chir. Arch. W. 1909 (russ). (Ref. Z.-B. f. Chir. 1910, S. 12)

O. Langemak. Chondrome und andere seltene Geschwülste der Gelenke (Chondrom im Sprunggelenk). Archiv f. kl. Chir., Bd. 72, 1904, S. 55.

E. Lexer. Gelenkchondrom (Kniegelenk). D. Zeitschrift f. Chir., Bd. 88, 1907, S. 311.

W. Müller. Diffuses Enchondrom der Gelenkkapsel (Fingergelenk). Archiv f. klin. Chir., Bd. 66, 1902, S. 637.

E. Rehn. Gelenkchondrom (Ellbogengelenk). Beitr. z. kl. Chir., Bd. 71, 1911, S. 817.

P. Reichel. Chondromatose der Kniegelenkkapsel. Archiv f. klin. Chir., Bd. 61, 1900, S. 717.

Riedel. Gelenkkapsel-Enchondrom (Handgelenk). Demonstration. Verhandl. d. 32. Kongresses der D. Gesellsch. f. Chir. 1903, S. 62.

2. Gelenkkapselsarkome.

E. Bircher. Knochentumoren im Röntgenogramm. Fortschr. d. Röntgenstr., Bd. 12, 1908, S. 217.

L. Brann. Myxomatöse Degeneration der Synovialis des Kniegelenks. Diss. Breslau 1869.

K. Garrè. Diffuses Sarkom der Kniegelenkkapsel. Beitr. z. klin. Chir., Bd. 7, 1891, S. 232.

Wm. Keith Hatch u. Childe. Case of mycetoma. Lancet 1894, II, p. 1271.

O. Langemak. Siehe oben.

F. Steudener. Rundzellensarkom der Tibia, sarkomatöse Degeneration der Synovialmembran des Kniegelenks. Virchows Archiv, Bd. 46, 1869, S. 500. (Krankengeschichte zuerst bei Volkman, D. Klinik 1868.)

3. Andere Gelenkgeschwülste und große Werke.

E. Albert. Lehrbuch d. Chirurgie, IV. Auflage 1891. (Fall von Femursarkom, Bd. IV, S. 385.)

M. Borst. Lehre von den Geschwülsten. 1902.

M. v. Brunn. Fibrom des Meniskus des Kniegelenks. Beitr. z. klin. Chirurgie, Bd. 52, 1907, S. 610.

O. Duda. Angiom der Kniegelenkkapsel. Diss. Greifswald 1894.

C. Hueter. Klinik der Gelenkkrankheiten, Bd. I, S. 255. Leipzig 1876.

M. Robson. Intraartikuläres Fibrom (zitiert bei Reichel, Handbuch der praktischen Chirurgie, Bd. IV, Abt. 2, S. 370, 1901).

O. Rumpel. Geschwülste und entzündliche Erkrankungen der Knochen im Röntgenbild. Hamburg, Gräfe & Sillem. 1908.

R. Virchow. Krankhafte Geschwülste. 1863—65, 2. Bd. (Periostale Sarkome, S. 295.)

Professor Dr. Faulhaber †.

Professor Faulhaber ist am 20. August 1916 im Alter von erst 43 Jahren an den Folgen einer Magenerkrankung, die bereits vor 2 Jahren eine schwere Operation verlangt hatte, verschieden.

Es liegt eine besondere Tragik darin, die er mit so manchen ärztlichen Forschern teilt, daß er ein Opfer einer Organerkrankung geworden ist, der er stets sein Hauptaugenmerk zugekehrt und deren diagnostische Ergründung er zu seinem Lebenszweck gesetzt hatte.

Faulhaber war einer jener Naturen, die alles, was sie später geleistet haben, sich selbst und ihrem unermüdlichen Schaffen verdanken. Er hat die Entwickelung der Röntgenologie von Anfang an mitgemacht. Ihm stand kein ausgestattetes staatliches Laboratorium zur Verfügung, das nur darauf wartete, unter seiner Leitung sich zu entwickeln; aus kleinen Anfängen heraus hat er durch die zahlreichen Wandlungen, die die Röntgenologie durchzumachen hatte, sich sein Privatinstitut aufgebaut und darin die Erfahrungen gesammelt, die ihm einen Namen in dem von ihm vertretenen Lehrfache schafften.

Er war nicht reiner Spezialist in röntgenologischen Dingen. Seine tiefgründige internistische Schulung, die er seinem Lehrer und Förderer Matterstock verdankte, war wohl der innere Grund, daß er die röntgenologische Diagnostik der inneren Krankheiten, speziell der Magendarmerkrankungen sich zu seinem Spezialfach erkor. Er legte stets Wert bei seinen Schülern darauf, daß sie die übrigen klinischen Untersuchungsmethoden nicht vernachlässigten. Die Röntgenuntersuchung bildete nach seinem Grundsatz erst den Schluß und Prüfstein der vorhergegangenen internen Untersuchung.

Auf dem Gebiet der röntgenologischen Magen-Darmuntersuchung gehörte er zu den Führern. Seine Habilitationsschrift „Über die Röntgenuntersuchung des Magens“ war in ihrer erschöpfenden Darstellung vorbildlich. Seine Monographie „Über die Röntgendiagnostik der Magendarmerkrankung“ ist als Lehr- und Nachschlagebuch überall verbreitet und in mehreren Auflagen erschienen.

Sein spezielles Interesse wandte er der Diagnose des Ulcus pylori chronicum und dem pylorusfernen, tiefgreifenden Ulcus zu. Gehört Haudek auch das Verdienst, das erste tiefgreifende Magengeschwür veröffentlicht zu haben, so hatte doch Monate vorher Faulhaber den gleichen Befund erhoben und richtig gedeutet. Seinem Plan, eine Monographie über die Diagnose und Therapie des röntgenologisch erkennbaren Ulcus auf Grund seines reichhaltigen Materials zu veröffentlichen, hat nur das Fatum ein Ende gesetzt.

Ebenso große Bedeutung legte er auf die röntgenologische Frühdiagnostik des Magenkarzinoms, wobei er der Beobachtung am Leuchtschirm einen sehr großen Wert beimaß. Bei seinem trefflich geschulten Auge gelang es ihm oft, am Leuchtschirm eine infiltrierte Stelle dort noch zu entdecken, wo man auf der Platte vergeblich darnach suchte.

Bei seiner kritischen Natur war er kein so begeisterter Anhänger der Strahlentherapie des Karzinoms, daß er nicht in der Behandlung dieser Erkrankung dem Chirurgen in erster Linie den Vorrang gelassen hätte.

Wie als Röntgenologe, so widmete er sich auch als Lehrer den großen Aufgaben, die seine Stellung von ihm erheischten. Er lehrte gerne und sah die Wichtigkeit seiner Stellung ein. Er, der als Mann der Praxis sich selbst alles verdankte, war ja auch so recht geeignet dazu, Schüler heranzuziehen und Ärzte zur Weiterarbeit anzuregen.

Mit der Wissenschaft, die ihm so manch wichtige Forschungsergebnisse verdankte, trauern um ihn seine Patienten, die ihn vergötterten, seine Angehörigen, mit denen er in selten innigen Familienleben verknüpft war und seine Freunde, denen der treffliche, aufrechte, allen falschen Äußerlichkeiten abholde Mann unvergessen sein wird.

Dr. Dahl, Würzburg.

Bücherbesprechung.

Goldammer, F.: **Die Röntgendiagnostik der chirurgischen Erkrankungen des Verdauungskanals.** Fortschritte auf dem Gebiet der Röntgenstrahlen. Erg.-Bd. 15. 2. Auflage, mit 18 Tafeln. 134 Seiten. Geb. M. 26.—. Hamburg 1916. Lucas Gräfe & Sillem.

Die erste Auflage des Goldammerschen Werkes, das jetzt in zweiter Auflage vorliegt, ist 1906 erschienen. Wenn man beide vergleicht, kann man ermessen, welche Arbeit in diesen Jahren geleistet, welches Maß von Erkenntnis inzwischen gewonnen worden ist.

G. stellt die Röntgenuntersuchung des menschlichen Magen-Darmkanals vom Standpunkt des praktischen Chirurgen gesehen dar. Das reichhaltige Material zweier Krankenhäuser, des Eppendorfer (Abteilung Kümmell) und der Bierschen Klinik standen dem Verfasser zur Verfügung, der es benutzt, um vor allem durch reichliche und vorzügliche bildliche Darstellung die verschiedenen Befunde dem Verständnis nahe zu rücken.

In ausführlicher Weise werden in der Einleitung die Methoden besprochen, deren G. sich zur Untersuchung bedient. Will es auch zunächst etwas umständlich erscheinen, daß G. sich fünferlei verschiedener Kontrastmittel bedient (Aufschwemmung, alkoholische Bowle, Marmelade, Mahlzeit und Einlauf), so kann mit G. nicht dringend genug betont werden, daß man sich nicht mit der gewöhnlichen Dorsoventral-Untersuchung allein begnügen darf, sondern daß man die Untersuchung möglichst variieren soll. Ganz besonders erfreulich erscheint, daß G. auch von der Untersuchung im Liegen ausgiebigen Gebrauch macht. Wer sie, wie das auch im Albers-Schönbergschen Institute der Fall ist, stets neben der Vertikalen anwendet, weiß, wieviel wichtige Aufschlüsse man dadurch erhalten kann, ebenso durch die Aufnahme in Bauchlage (speziell für Pylorus- und Dünndarmuntersuchungen). Neue Möglichkeiten scheint auch die Anwendung der Luftaufblähung des Magens und der alkoholischen Kontrastbowle zu eröffnen, letztere zur Darstellung des Dünndarms, erstere (nach Röpke) zur Darstellung von Wandinfiltrationen des Magens, die sich sonst noch nicht darstellen lassen.

Es folgt dann die Besprechung der chirurgisch wichtigen Speiseröhrenerkrankungen mit schönen Photogrammen, sodann eine kurze Darstellung der normalen Form, der Lage und des funktionellen Verhaltens des normalen Magens, sowie der physiologischen und pathologischen Veränderungen desselben, soweit zum Verständnis der speziellen Erkrankungen nötig. Die Anschauungen G.s decken sich hier im allgemeinen mit den am meisten durch Grödel vertretenen Lehren, sie stehen also in der Frage der Atonie, der Ptose u. a. m. im Widerspruch zu den neueren Anschauungen, wie sie von Forssell, von Bergmann u. a. vertreten werden, und mit denen auch wir in der Hauptsache übereinstimmen. (Hier scheint mir auch die bildliche Darstellung nicht immer glücklich gewählt zu sein, wenn z. B. auf Seite 37 ein Magen als Typ für Atonie gezeigt wird, dessen Inhalt völlig über den ganzen Magen verteilt, dessen Peristole also noch völlig erhalten ist, und dessen „Taille“ in der Hauptsache durch Gasansammlung im Kolon bedingt ist, wie das Photogramm 19, Tafel 3 beweist.)

Bei der Besprechung des Magengeschwürs und seiner Folgezustände kann ich der Darstellung der rein chirurgischen Erkrankungen mehr folgen, als der der mehr funktionellen. So wird die Auslegung des intermittierenden Sanduhrmagens, wie G. sie gibt, nicht ungeteilten Beifall finden. Es wird für sehr viele kein Zweifel bestehen, daß es wirkliche intermittierende Sanduhrmägen gibt, die bei der einen Untersuchung vorhanden sind, bei der Kontrolle fehlen; ferner, daß dauernde spastische Sanduhrmägen auch ohne Ulkus vorkommen (von Bergmann, Faulhaber), ja daß sie sogar bei der Sektion nicht selten gefunden werden. Überhaupt scheint mir die spastische Komponente bei der Besprechung des Magens und seiner Veränderungen etwas zu gering eingeschätzt zu sein. Ist doch mit keinem Wort erwähnt, daß wir z. B. viel häufiger als rein organische oder rein spastische Sanduhrformen, die Komplikation der beiden Formen finden, woraus sich auch die häufige Differenz zwischen Röntgen- und Operationsbefund erklärt. Auch der wichtige und gar nicht so überaus seltene Zustand des Antrumspasmus ist mit keinem Worte gestreift.

In klarer und übersichtlicher Weise werden die organischen Zustände und Folgezustände beim Magengeschwür erörtert. Den Symptomen der Buchtenbildung und des dauernden Bariumflecks scheint G. völlig ablehnend gegenüber zu stehen, während wir doch über mehrere Fälle beider Arten verfügen, in denen die Diagnose lediglich auf diese Anzeichen hin gestellt wurde (operativ bestätigt).

Dem, was G. über den Magenkrebs sagt, wird man nur beistimmen können, namentlich auch leider, was seine Betrachtung über die Frühdiagnose des Krebses angeht. Wenn man die Literatur durchsieht und sein eigenes Material prüft, muß man G. zugeben, daß bisher auch das Röntgenlicht uns noch nicht befähigt, den Magenkrebs in seinen Anfangsstadien zu erkennen.

Ebenso steht es mit dem Urteil, das G. über die Erkennungsmöglichkeiten des Duodenalgeschwürs fällt: „Unter Würdigung der anamnestischen Daten und des klinischen Befundes kann das Gesamtbild

der jeweils vorhandenen radio-diagnostischen Symptome ein wertvoller Stützpunkt der Diagnose werden. Dagegen gibt es noch kein einziges Symptom, . . ., das für ein Ulcus duodeni beweisend wäre."

Die allgemeine Besprechung der Lage, der Form und des Verhaltens des normalen und erkrankten Duodenums ist äußerst lesenswert, ebenso die des weiteren Dünn- und Dickdarms. Besonders schön sind die mit der alkoholischen Kontrastbowle erhaltenen Bilder des Dünndarms; es ist vielleicht zu hoffen, daß man auf diesem Wege über jenes Organ noch weitere Aufschlüsse erhält, das sich einer näheren Untersuchung bisher spröde verschlossen hielt.

Von den Erkrankungen des Ileum, des Kolon und des Ileocoecum werden lediglich die chirurgischen in übersichtlicher Weise besprochen. Besonders lehrreich sind die Kapitel über die Insuffizienz der Bauhinischen Klappe und über die Tuberkulose des Ileocoecum.

Die Besprechung eines Zustandes vermißte ich leider, die meines Erachtens unbedingt in einer Abhandlung über chirurgische Erkrankungen des Verdauungskanals hineingehört. Ich meine die Gastroenteroanastomie. Es ist dringend zu wünschen, daß G., bei dem die chirurgischen, wie die röntgenologischen Vorbedingungen zur Untersuchung wie zur Beurteilung dieser wichtigen Frage in gleicher Weise gegeben sind, uns in der nächsten Auflage eine Schilderung der Gastroenteroanastomie folgen läßt.

Zehbe.

Internationale Fachliteratur.

a) Vereine und Kongresse.

Geburtsh. Ges. Hamburg, 10. X. 16.

Henri Hirsch: **Radiotherapeutische Fragen und Forderungen in der Gynäkologie.** Die Radiotherapie der gutartigen gynäkologischen Erkrankungen (Metropathien, Myome usw.) ist eine fast abgeschlossene Wissenschaft, die lediglich in Anwendung des Materials und der Technik von den Erfahrungen, der Übung und dem Instrumentar des Therapeuten abhängig ist. — Anders liegen die Verhältnisse beim Karzinom, das selbst ein Problem in einer Umwelt von Problemen eingebettet ist. — Die Statistiken des Radiotherapeuten bauen sich lediglich aus Fällen auf, die vom Spezialkollegen abgelehnt oder überwiesen sind: das sind inoperable Karzinome und prophylaktische Bestrahlungen. Für die postoperativen Bestrahlungen wird wie schon früher die intensive hartgefilterte Röntgenstrahlung verlangt. Die inoperablen Karzinome sollen, solange die operablen Karzinome noch nicht in den Bereich des Radiotherapeuten zugelassen sind, möglichst individuell behandelt werden und nur da radioaktive Substanzen angewandt, wo auch die Beta-Strahlung logisch in Anwendung gebracht werden kann, d. h. wenn man mit den radioaktiven Substanzen direkt an den Herd des Tumors gelangt. Bei Berücksichtigung dieser Forderung verliert die Filterung der radioaktiven Substanzen, — ob Messing, Blei oder Aluminium usw. — die oft über Gebühr aufgebauschte Wichtigkeit.

Trotzdem von erfolgreichen Wirkungen ohne Zweifel ernsthaft berichtet wird, so sind die Mißerfolge der Strahlentherapie doch noch erhebliche. Dabei ist in erster Linie zu bedenken, daß wir uns im gesamten radiotherapeutischen Arbeitsgebiete lediglich in einer Welt von ungeklärten Fragen befinden: Probleme der Technik, Probleme der Physik, Probleme der Histologie zur Radiosensibilität, Probleme der Biologie der Strahlenwirkung und Probleme der Strahlenfolgen.

Aus den Problemen der Physik wird für therapeutische Fragen die Penetration und Absorption, sowie die Wirkung der Sekundärstrahlung des weiteren besprochen. Während es für die Therapie identisch ist, ob man die Wirkung der Strahlen auf Penetration oder Absorption zurückführt, ist die Wichtigkeit der Sekundärstrahlung voll und ganz zu berücksichtigen. Bei der Frage der Dosierung wird auf die Vorzüge der Halbwertschicht nach Christen mit Nachdruck aufmerksam gemacht, und es wird gezeigt, wie kompliziert der Gedankengang und daher auch der Heilplan der Röntgentherapeuten ist und nach wie vielen Richtungen jeder Fall individuell durchdacht werden muß, um die Strahlentherapie verheißungsvoll bei ihm anzuwenden. Denn in dem Schematismus liegt die allergrößte Gefahr für den Kredit der Röntgentherapie, und wer in der Röntgentherapie nichts weiter erblickt als die Einstellung einer harten Röhre über einen Organismus, in dem sich zufällig ein Tumor befindet und der ängstlich darüber wacht, daß kein X mehr oder weniger appliziert wird, und der damit zufrieden ist, in möglichst kurzer Zeit möglichst viel X verabreicht zu haben, ohne irgendwelche Überlegung, der ist dem Chirurgen zu vergleichen, für den es keine Indikationen und Kontraindikationen gibt, der keine Überlegung kennt und keinen Heilplan aufstellt, sondern lediglich darauf bedacht ist, den Bauch aufzuschneiden.

Die gewaltigen Fortschritte, die in der Technik der Röntgenröhre während der Kriegszeit zur Lösung kamen, werden an der gastfreien Röhre nach Lilienfeld und an der Glühkathodenröhre von Siemens & Halske gezeigt. Durch die fast absolute Konstanz der Lilienfeldröhre ist es überhaupt erst möglich, die therapeutische Strahlung exakt zu dosieren, ein Fortschritt, welcher speziell bei der

Karzinomtherapie auch dem Nichteingeweihten einleuchten wird und wodurch die Lilienfeldröhre zum Therapierohr katexochen gestempelt wird.

Von den Problemen aus dem Gebiete des Handwerkszeuges des Röntgentherapeuten wird zu dem zu bestrahlenden Objekte übergegangen und die histologischen Unterschiede der Radiosensibilität besprochen. Je höher differenziert der Tumor, um so radiosensibler ist seine Zelle; je weniger ausgereift das Ca. ist, um so refraktärer ist sein Verhalten gegen die Strahlen; daher kommt es auch, daß Rezidive, die sich stets weniger differenziert erweisen als der aufänglich günstig durch Strahlen beeinflußte Primärtumor in radiotherapeutischer Hinsicht eine relativ schlechte Prognose geben. Aber nicht die Histologie des Tumors allein ist verantwortlich für die Radiosensibilität und ihre Erfolge, sondern oft steht im Vordergrunde die Wirkung der Strahlen auf die begleitenden entzündlichen und spastischen Zustände.

Unter den biologischen Problemen ist besonders Rücksicht zu nehmen auf das Blutbild des Patienten und es wird daran erinnert, daß es im Gefolge der Bestrahlung auch eine Röntgenkachexie und Röntgentumoren gibt, die oft weiter nichts sind, als das Vordringen von Epithel im anämischen und zellenarmen Narbengewebe. Ungünstig wirkt auch die oft hochgradig auftretende Leukopenie. Es muß daher den Organbestandteilen, die bei der Zertörung des Tumors eine verantwortliche Funktion auszuüben haben, nach intensiven Bestrahlungen stets Zeit zur Erholung gegeben werden. Für diese Schädigung muß der Röntgentherapeut ein gutes Auge und einen Blutkörperchenzählapparat haben, um jederzeit sich die Frage vorlegen zu können, ob Halt oder Vorwärts.

Aber nicht nur die Probleme der Biologie und Histologie sind Hemmnisse für die gleichmäßig günstige Wirkung von Röntgenstrahlen, sondern auch die Probleme der Veranlagung und der Vererbung des Ca. und die Beziehung dieser Veranlagung zu anderen Dispositionen. Es wird auf die Beobachtung von v. Hochenegg und die Untersuchungen von Ioannowicz in dieser Richtung hingewiesen.

So mannigfach die Schwierigkeiten für alle therapeutischen Bestrebungen sein müssen, so ist doch trotz aller problematischen Fragen und Untersuchungen die Strahlentherapie das mächtigste palliative Mittel in dem Kampfe gegen das Karzinom, um selbst verzweifelten inoperablen Fällen noch helfend und lindernd beispringen zu können. Diese erfreulichen Tatsachen allein schon geben die Berechtigung, Forderungen aufzustellen, wodurch das schon jetzt erreichte Ziel noch weiter ausgebaut und gefördert werden kann. So dürfte für die postoperative Bestrahlung die Totalexstirpation des Genitale auf abdominalem Wege der vaginalen Methode vorzuziehen zu sein, da diese leicht Krebsnester in den Ligamenten und Drüsen zurückläßt. Die ventrale Methode erleichtert die Übersicht und schützt vor Enttäuschungen bezüglich des Rezidivs. Aus denselben Überlegungen heraus wird auch eine prophylaktische Durchstrahlung vor der Operation verlangt, um die Prognose der hintangehaltenen Rezidivierung zu bessern. Die geschlossen liegenden Tumoren sollen also durch eine anteoperative Bestrahlung in ihren allerjüngsten Keimen getroffen werden. Beim Portiokarzinom ist die anteoperative Bestrahlung in ihrer Methode günstiger, erfolgreicher und zweckentsprechender als die Benutzung des scharfen Löffels und des Thermokauters, die nicht nur entzündungserregend wirken, Infektionen begünstigen, Blut- und Lymphbahnen eröffnen, sondern oft auch eine Narkose beanspruchen und schmerzende Nachwirkungen verursachen: Dinge, die bei der radiotherapeutischen Arbeit gänzlich fortfallen. Ihrer Wirkung muß man das Aufhören der Blutungen, das Sistieren der Jauchung, den schmerzlindernden und entzündungswidrigen Einfluß nachrühmen. Wer einmal den Segen der radioaktiven Energie auf die verjauchten Teile eines Ca. gesehen hat, wird die stille Arbeit der Strahlen nicht mehr mit der rohen Gewalt von Feuer und Eisen vertauscht wissen wollen. — Weiter wird die ausgedehnte histologische Untersuchung der zu entfernenden und exstirpierten Tumoren gefordert, um so im Laufe der Zeit in die Geheimnisse der verschiedenartigen Radiosensibilität der Karzinome einzudringen. Die restlose Klärung der radiotherapeutischen Fragen und die Beherzigung der Forderungen wird weiter dazu beitragen, daß wir auf diesem Gebiet ärztlicher Wissenschaft und ärztlicher Arbeit keine Probleme mehr haben. (Selbstbericht).

Hambg. Ärzte-Korrespondenz 1916, Nr. 45.

Ärztl. Verein Hamburg, 14. XI. 1916.

Am 19. Oktober 1915 hat Saenger ein 33jähriges Mädchen demonstriert, bei dem am 7. Oktober 1915 Ringel eine **Rückenmarksgeschwulst** entfernt hatte. Nach Spaltung der Dura quollen dunkelrote, weiche schwammige Massen hervor. Dieselben erstreckten sich bis in die Rückenmarkssubstanz hinein und konnten nur im extramedullaren Teil entfernt werden. Es handelte sich um ein Neuroepithelioma gliomatodes. Nach der Operation besserten sich die Schmerzen im Nacken und in der oberen Brustwirbelsäule, ferner die Spasmen in den Beinen. Dagegen stellte sich eine völlige Lähmung der Beine mit Sensibilitätsverlust ein. Da nun die Prognose angesichts des zurückgebliebenen, extramedullären Neuroepithelioms sehr ungünstig ist, wurde sie vom 5. Januar 1915 bis 29. Februar 1916 und vom 30. September bis jetzt in vierzehntägigen Abständen im Röntgeninstitut von Albers-Schönberg in 26 Serien bestrahlt. Der Erfolg ist ganz ausgezeichnet. Der Gang ist überraschend gut. Es bestehen nur noch leichte Spannungen im rechten Bein. Hamburger Ärzte-Korrespondenz Nr. 49, 1916.

b) Journalliteratur.

Med. Klinik. 1916. Nr. 15.

M. Fraenkel: **Die schmerzstillende Wirkung der Röntgenstrahlen.** Ausgehend von der Beobachtung, daß bei der Behandlung der Myome, welche mit Schmerzen verbunden sind, die Anwendung der Röntgenstrahlen einen nachweisbaren Einfluß auf die Schmerzen ausübt, hat Fraenkel diese analgetische Wirkung auch auf die Kriegsverletzungen übertragen. Er konnte hierbei sehen, daß bei Frakturen, welche er zur Anregung der Knochenneubildung bestrahlte, die Schmerzen bedeutend nachließen. Ferner hat er die gleiche Erscheinung bei Gallensteinkolik und Ischias beobachtet.

Nr. 23. Schmidt-Berlin: **Über die zur Epilation erforderliche Röntgenstrahlendosis.**

Fritz M. Meyer: **Die Röntgenepilationsdosis in ihrer praktischen Bedeutung.** Polemische Bemerkungen zu der gleichnamigen Arbeit in Nr. 41, 1915.

Nr. 26. Hohlweg: **Bemerkungen zur radiologischen Stereogrammetrie nach Professor Hasselwander.** Verfasser sieht in der Hasselwanderschen Methode eine wertvolle Bereicherung der Lokalisationsverfahren, namentlich unter Verwendung der neuen Siemens-Glühkathodenröhre.

Nr. 28. Burchardt: **Gasabszeß, Gasphlegmone und Gasgangrän im Röntgenbild.** Man kann im Röntgenbild die in der Überschrift erwähnten drei Formen deutlich unterscheiden. Beim Gasabszeß, der sich meist um ein Steckgeschoß entwickelt, ist ein heller Hof zu sehen, der die Größe eines Apfels erreichen kann. Bei der Gasphlegmone beobachtet man neben diesem lokalen Abszeß flecken- und streifenförmige Schatten, die teils in die Muskeln eindringen, teils zwischen den Muskeln erscheinen. Bei der Gasgangrän, namentlich in den fortgeschrittenen Formen zerfallen die einzelnen Muskelfasern genau in ihren Bau und Struktur.

Berl. kl. Wochenschr. 1916. Nr. 3.

Schmidt: **Die Anwendung harter filtrierter Röntgenstrahlen in der Dermotherapie.** Polemik gegen Meyer, welcher die Behandlung oberflächlicher Hauterkrankungen mit harten filtrierten Röntgenstrahlen empfohlen hat.

Nr. 7. Kuznitzky: **Über die Röntgentherapie oberflächlicher Dermatosen.** Bemerkungen zu den Kontroversen zwischen Meyer und Schmidt über den gleichen Gegenstand.

Nr. 12 u. 13. Lasser: **Die Röntgenstrahlenerzeugung in der neuen gasfreien Röhre und Spezialapparate zu ihrem Betriebe für Diagnostik und Therapie.** Eingehende Darstellung der neuen Siemensröhre, ihrer theoretischen Grundlagen und ihrer praktischen Verwertbarkeit.

Nr. 14. Krause: **Über die Technik des Geschoßsuchens und eine Röntgenmessung ohne Apparate.** Lokalisationsverfahren, durch welches mit einfachen Mitteln gute Resultate zu erzielen sind. Einzelheiten vgl. Original.

Nr. 16. Holzknecht, Lilienfeld und Pordes: **Die radiologische Darstellung von Fistelgängen mittels einer vereinfachten und verbesserten Füllungstechnik.** Die Zahl der Fistelbildungen nach Knochen- und Weichteilverletzungen ist eine erhebliche. Um die Ursache der Fistel zu erkennen und zu beseitigen, reicht das einfache Röntgenverfahren nicht aus, da der Fistelgang und sein Ende nicht sicher dargestellt werden können. Aus der Friedenspraxis ist die Röntgenographie der Fistelgänge nach Injektion der Beckschen Wismutpaste bekannt und wird anch vielfach jetzt geübt. Diese Methode genügt jedoch für die in Betracht kommenden Fälle nicht, da es oft nicht gelingt, Wismut auch wirklich bis an das Ende der Fistel zu bringen. Es kommt weiter hinzu, daß sich oft von dem aus der Fistel heraussickernden Wismut Reste auf der Haut finden, die eine falsche Deutung des Röntgenbildes bedingen. Alle diese Nachteile vermeiden kleine Stäbchen, die von den Verff. angegeben worden sind. Diese bestehen aus Zirkonoxyd und halb getrockneter Gelatine. Sie haben an der Luft eine feste Konsistenz, die sich in der Fistel unter dem Einfluß der Körpertemperatur auflöst. Man führt, je nach der Länge des Fistelgangs mehrere Stäbchen hintereinander ein. Der äußere Verschluß der Fistel wird durch eine Marke gebildet. Das Verfahren scheint nach den beigegebenen Abbildungen einen wesentlichen Fortschritt darzustellen. Bezugsquelle: Polyphos-Elektrizitätsgesellschaft, München, Schillerstraße 16. Kontrastin-Gelatine-Stäbchen.

Nr. 17. Weski: **Der Leitdraht.** Eine Ergänzung der Weskischen Lokalisationsmethode. Während früher durch eine besonders konstruierte Kanüle farbige Flüssigkeit an dem Punkt, an dem das Geschoß lokalisiert worden ist, gespritzt worden war, wird jetzt durch dieselbe Kanüle ein dünner Draht eingeführt, über den die Kanüle entfernt wird. Der Draht dient dann zur Leitung beim Aufsuchen des Geschosses.

Nr. 22. Melchior: **Klinische Erfahrungen über kombinierte Jodröntgentherapie der cervicofacialen Aktinomykose.** In zwei Fällen wurde eine vollkommene Heilung der Aktinomykose erzielt unter Anwendung von Jodkali und Röntgenbestrahlungen.

Nr. 23. Fraenkel: **Eine neue Stereoskopapparatur in vereinfachter Form.** Technische Mitteilung.

Nr. 24. Falk: **Zur Röntgenbehandlung der Peritonealtuberkulose bei eröffneter Bauchhöhle.** Bei der Laparotomie wurde nach Abfließen des Ascites eine einmalige Bestrahlung 10 x, 9 Wehnelt vorgenommen. Die Tuberkulose wurde hierdurch klinisch zur Ausheilung gebracht.

Nr. 27. Schütze: **Die röntgenologische Darstellbarkeit der Gallensteine.** Die Schwierigkeiten, die in der Darstellbarkeit der Gallensteine liegen, werden hervorgerufen durch die Verschieblichkeit der Leber bei der Atmung, die versteckte Lage der Gallenblase und dem oft wenig ausgesprochenen Kontrast der einzelnen Steine. Um diese Schwierigkeiten zu beheben, lagert Verfasser den Kranken auf den Bauch mit stark nach aufwärts gehobenem Oberkörper. Der Tubus wird so eingestellt, daß sein oberer Rand die 12. Rippe, sein innerer Rand die Lendenwirbelsäule noch zum Teil mit ins Bild nimmt. Die Aufnahme geschieht in Atemstillstand, unter Anwendung des Verstärkungsschirmes und des Kompressoriums nach Holzknecht. Hierdurch gelang es in einer großen Zahl von Fällen, die Gallensteine zur Darstellung zu bringen.

Nr. 31. Freud: **Röntgendiagnose des typischen primären Sarkoms des oberen Dünndarms.** Die klinische Entscheidung, ob es sich um ein Sarkom oder Karzinom des Darmes handelt, ist vor der Operation fast nie zu treffen. Dahingegen hat das Sarkom eine Reihe von radiologischen Kennzeichen: Die röntgenologisch nachweisbare Störung ist fast völlig auf die erkrankte Darmstrecke beschränkt. Die befallene Darmstrecke ist relativ groß und stellenweise erweitert, während sich oberhalb der Erweiterung meist keine Veränderung des Darmlumens nachweisen läßt. Der Inhalt der erkrankten Schlinge, welche sich spontan und auf Druck nicht kontrahiert, kann auch durch Druck nicht weitergeschoben werden.

Münchn. med. Wochenschr. 1915. Nr. 1.

Fürstenau: **Zur Methodik der Fremdkörperlokalisation.** Polemik gegen Wachtel in der Münchn. med. Wochenschr. 1914, Nr. 47.

Nr. 3. Decker und v. Bonhard: **Die Röntgentiefenbestrahlung bei Magen- und Darmkarzinomen.** Auf Grund der Resultate, welche mit dem Tiefenbestrahlungsinstrumentarium von Reiniger, Gebbert und Schall erzielt wurden, kommen die Verfasser zu dem Schluß, daß bei Magen- und Darmkarzinomen die intensivste Bestrahlung angezeigt ist.

Nr. 7. Weski: **Praktische Erfahrungen mit der Fürstenauschen Lokalisationsmethode von Geschossen.** Die bekannte Modifikation des Fürstenauverfahrens von Weski wird eingehend beschrieben.

Nr. 15. Klein: **Mehrjährige Erfolge der kombinierten Aktinotherapie bei Karzinom des Uterus und der Mamma.** Bei der Anwendung von Mesothorium oder Radium, gleichzeitiger intravenöser Injektionen chemischer Substanzen und Röntgenbehandlung hat Verfasser bemerkenswert günstige Ergebnisse erzielt: Er konnte inoperable Uterus- und Mammakarzinome in zahlreichen Fällen bis zur Dauer von 2—2³/₄ Jahren heilen. Auch ein-, zwei- und dreimalige Rezidive konnten einer vorläufigen Heilung zugeführt werden, welche beim Uteruskarzinom bis zu drei Jahren, bei Mammakarzinom bis zu 3³/₄ Jahren anhielt.

Meisel: **Ein neues Lokalisationsverfahren mittels metallischer Koordinatensysteme.** Technische Mitteilung.

Nr. 16. Weiland: **Ein röntgenologisches Phänomen bei perforiertem Magengeschwür.** In vorliegendem Falle war es zu einer Herabdrängung der Leberkuppe gekommen durch das mit der Leber verbundene Kolon, welches stark mit Luft gefüllt war.

Nr. 17. Duken: **Über zwei Fälle von intrakranieller Pneumatozele nach Schußverletzungen.** Unter Beifügung von zwei Röntgenskizzen wird ein eigenartiges Krankheitsbild beschrieben, welches sich im Anschluß an eine Schädelschußverletzung entwickelte: Die Pneumatozele. Es handelt sich hier um das Vorhandensein von Luft im Gehirn. Die Ursache des Leidens besteht wohl darin, daß bei der Verwundung gleichzeitig auch eine Verletzung der pneumatischen Nebenhöhlen stattgefunden hatte, von der aus die Luft ventilartig wohl in das Gehirn herein, aber nicht wieder heraustreten konnte.

Nr. 19. Seuffert: **Zur Frage der Tiefenbestrahlung mit Röntgenmaschinen.** Die Voraussetzung einer erfolgreichen und ungefährlichen Strahlentiefentherapie ist eine geeignete Strahlenqualität, genügende Quantität der Strahlen und Ausschluß aller Arten von Strahlen, die direkt oder indirekt gefährlich werden können. Verfasser untersucht nun eingehend die Frage, wie die Verhältnisse für die Röntgenröhren sich gestalten. Hierbei ergibt sich ihm ein Instrumentarium, dessen Vorzüge im einzelnen beschrieben werden. (Röntgenmaschine von Janus & Voltz).

Nr. 20. Wachtel: **Die Fremdkörper rücken häufig bei der Operation tiefer. Ursache: Störungen des elastischen Gleichgewichtes der Gewebe durch die Inzision.** Das Wesentlichste der namentlich für den Chirurgen wichtigen Arbeit wird durch den Titel wiedergegeben.

Nr. 21. Koch: **Zur Frage der Tiefenbestrahlung von Karzinomen mittels Röntgenmaschinen.** Bemerkungen zu der Arbeit von Seuffert über den gleichen Gegenstand unter Empfehlung der Lilienfeldröhre.

Nr. 25. Holzknecht, Wachtel, Weißenberg und Mayer: **Die gasfreie Röntgenröhre nach J. E. Lilienfeld.** Eingehende Beschreibung der theoretischen Grundlagen der Lilienfeldröhre, welche

sich den Verfassern als an Zuverlässigkeit, Konstanz, Tiefenleistung, Lichtausbeute und Brenndauer um das Zwei- bis Fünfzigfache der bisherigen Systeme bewährt hat.

Nr. 28. Moench: **Ein Beitrag zum Kapitel der seltenen Fußläsionen.** Kasuistischer Beitrag. Es handelte sich um eine Totalluxation der Ossa metatarsalia I, II und III mit Subluxation der Metatarsalknochen IV und V und dorsaler Luxation des Cuneiforme III.

Wodarz: **Zur Kasuistik der intrakraniellen Pneumatocele.** Beschreibung eines Falles, welcher den von Duken veröffentlichten Krankheitsbildern an die Seite zu stellen ist.

Nr. 30. Janus: **Eine Beobachtung bei Röntgenbestrahlungen.** In einem Falle, in welchem eine Reihe von therapeutischen Bestrahlungen der Unterbauchgegend vorgenommen worden war, trat auf der noch vollständig weißen Haut unter dem Einfluß eines warmen Bades eine Rötung und deutliche Abgrenzung der bestrahlten Felder gegenüber der nichtbestrahlten Haut auf.

Nr. 33. Duken: **Über Fremdkörperbestimmung mit besonderer Berücksichtigung der Augenverletzungen.** Um sich vor Fehlschlägen bei der Bestimmung von Fremdkörpern zu bewahren, empfiehlt Verfasser die orthodiagraphische Durchleuchtungsmethode. Für das Auge hat sich das Verfahren ebenfalls sehr gut bewährt.

Nr. 33. Gruenhagen u. Runge: **Zur röntgenologischen Tiefenbestimmung von Fremdkörpern.** Technische Mitteilungen, deren Einzelheiten, da sie mit rechnerischen Messungen arbeiten, im Original nachzulesen sind.

Nr. 34. Bucky: **Die Kühlung der Röntgentherapieröhren mit siedendem Wasser.** Empfehlung der von der Firma C. H. F. Müller hergestellten Röhre mit doppelwandigem Wasserkühlgefäß.

Nr. 35. Kaestle: **Eine Beobachtung der Röntgenbestrahlungen.** Vervollständigung zu der gleichnamigen Beobachtung von Janus.

Nr. 36. Favarger: **Zur röntgenologischen Fremdkörperlokalisation.** Technische Mitteilung.

Nr. 41. Liebermann: **Zur Röntgenlokalisation von Fremdkörpern, besonders im Auge und in der Orbita nebst Bemerkungen über Kriegsverletzungen des Auges durch Fremdkörper.** Dem Verfasser hat sich die Lokalisationsmethode nach Sweet besonders bewährt.

Nr. 42. Kall: **Die Behandlung der venerischen Bubonen mit Röntgenstrahlen.** An Hand von 12 Fällen wird gezeigt, daß die Bestrahlung der Bubonen beim Ulcus molle, solange es noch nicht zu eitrigen Einschmelzungen gekommen ist, gute Erfolge zeigt.

Nr. 44. Hasselwander: **Über die Anwendung der Stereophotogrammetrie des Röntgenbildes in der feldärztlichen Tätigkeit.** An Hand von instruktiven Abbildungen wird gezeigt, wie die Stereophotogrammetrie zur Lokalisation von Fremdkörpern in ausgezeichneter Weise Verwendung findet.

Christen: **Eine Vereinfachung zur Tiefenbestimmung von Fremdkörpern.** Empfehlung der Müllerschen Methode der Lokalisation. Durch die Eintragung der gefundenen Werte in ein besonderes Schema wird die rechnerische Arbeit auf ein Minimum beschränkt.

Nr. 52. Groedel: **Zur Röntgenuntersuchung des Herzens bei fraglicher Militärtauglichkeit.** In allen Fällen, in welchen die von dem zu Untersuchenden vorgebrachten Beschwerden mit dem objektiven Untersuchungsbefund nicht im Einklang stehen, muß die Röntgenuntersuchung mit herangezogen werden. Das Gleiche gilt für diejenigen Kranken, bei welchen Geräusche nachweisbar sind und die Frage, wie weit dieselben zur Dienstuntauglichkeit führen, zu beantworten ist.

Seubert: **Erfahrung mit dem Fürstenauzirkel.** Empfehlung des Fürstenauschen Verfahrens.

Münchn. med. Wochenschr. 1916. Nr. 2.

Schmerz: **Über röntgenologische Lokalisation von Fremdkörpern.** Empfehlungen eines Tastermeßzirkels zur Lagebestimmung.

Nr. 3. Kunz: **Ein Beitrag zur Technik der röntgenologischen Tiefenbestimmung von Fremdkörpern.** Schwierigkeiten, welche entstehen bei den Lokalisationsmethoden, die zwei Aufnahmen auf einer Platte erfordern, können dadurch beseitigt werden, daß man jede der beiden Aufnahmen getrennt auf eine besondere Platte macht.

Nr. 4. Grashey: **Feldmäßige Improvisation röntgenologischer Hilfsgeräte und deren Verwendung zur Fremdkörperlokalisation und Orthoröntgenographie.** Technische Mitteilung über die Verfahren, welche sich dem Verfasser im Felde gut bewährt haben.

Nr. 6. Holzknecht: **Die operative Aufsuchung der Fremdkörper unter unmittelbarer Leitung des Röntgenlichtes.** Das lange und verwüstende oder vergebliche Suchen nach Fremdkörpern kann vermieden werden. Wie Verfasser bei der Zusammenfassung seiner Arbeit hervorhebt, liegen die Mißerfolge bei der Aufsuchung von Fremdkörpern häufig nicht in den Methoden begründet, sondern in dem Verlust der Orientierung infolge der Verhältnisse bei der Operation. Die Aufsuchung geschieht am besten unter intermittierender, unmittelbarer Leitung der Röntgenstrahlen durch Anwendung der Untertischröhre.

Janssen: **Die abschließende Sequestrotomie nach Schußfraktur.** Wiederholt wird die Erfahrung gemacht, daß Verwundete monatelang von Lazarett zu Lazarett ziehen mit Fistelbildungen an den Ex-

tremitäten, die lediglich symptomatisch oder überhaupt nur mit Verbänden behandelt worden sind. Abgesehen davon, daß diese Fälle genauester Röntgenuntersuchung in verschiedenen Ebenen bedürfen, gehören sie in die Gruppe von Verletzungen, bei denen die konservative Therapie der Operation zu weichen hat. Denn überall, wo eine Fisteleiterung nicht in kürzester Zeit versiecht, muß ein Fremdkörper vorhanden sein. Das ist in der Mehrzahl der Fälle ein Sequester, oft nur ein Stück Uniformtuch u. dgl. Es liegt in den pathologisch-anatomischen Bedingungen, unter denen es zur Sequesterbildung kommt, begründet, daß sich derartige abgestorbene Knochenstücke nicht von allein ausstoßen, da ihre Größe erheblicher ist, als der Gang, der zu ihnen führt. Darum muß die Operation zunächst eine ausgiebige Spaltung des Fistelgangs herbeiführen und dann durch den Meißel der Knochenkallus soweit fortgenommen werden, daß der Sequester überall frei zutage liegt; überhängende Knochenteile sollen entfernt werden, damit am Schluß der Operation eine flache Mulde entsteht, deren tiefster Punkt das Bett des Sequesters darstellt. Injektion von konzentrischer Methylenblaulösung vor der Operation in die Fistel kann den Gang des operativen Eingriffs sehr erleichtern. Da mehrfache Sequestrierungen vorkommen, müssen sämtliche Fistelgänge genau verfolgt werden. Wann die Operation vorzunehmen ist, hängt vom einzelnen Fall ab. Genaue Röntgenuntersuchung muß das Vorhandensein eines guten Kallus erwiesen haben, damit es nicht zu Frakturen kommt, deren Heilungstendenz schlecht ist.

Nr. 7. Simmonds: **Über eine Gefahr der Pyelographie.** Ein 48jähriger Mann starb 36 Stunden nach der Pyelographie trotz Entfernung der rechten Niere wegen starker Temperatursteigerung. In einem anderen Fall erfolgte drei Tage nach der Pyelographie der Tod. Eingehende pathologisch-anatomische Untersuchungen hatten das Resultat, daß es nicht so sehr das Kollargol ist, welches befürchtet werden muß, als vielmehr die septische Infektion. Es muß daher vor jeder Pyelographie festgestellt werden, ob nicht etwa in der Blase infektiöse Keime enthalten sind.

Kautzky Bey: **Fremdkörperlokalisation mittels einer Durchleuchtung und einer Aufnahme.** Nachdem mittels orthodiagraphischer Durchleuchtung die senkrechte Projektion gefunden ist, wird in einem konstanten Winkel zu dieser nur eine photographische Aufnahme gemacht. Mit einem besonders geteilten Maßstab kann man ohne weiteres die direkte Tiefe abmessen.

Nr. 10. Rautenkrantz: **Die Lokalisierung von Fremdkörpern in Brust und Bauch mittels der Stärkebinde.** Nach einer orientierenden Durchleuchtung wird dem Patienten eine Stärkebinde derart angelegt, daß der Fremdkörper von ihr verdeckt wird. Nunmehr wird, nachdem diese erhärtet ist, der Punkt aufgezeichnet, der vorn und hinten dem Fremdkörper entspricht. Dann wird die Röhre verschoben und dieselbe Markierung noch einmal vorgenommen. Nunmehr wird die Stärkebinde abgenommen, indem man sie vorn und hinten aufschneidet und zwischen den korrespondierenden Punkten Fäden spannt, an deren Schnittpunkt der Fremdkörper liegt.

Nr. 11. Wintzl: **Eine automatische Regenerierung der Röntgenröhre.** Technische Mitteilung.

Nr. 14. Holzknecht, Sommer u. Mayer: **Durchleuchtungslokalisation mittels der Blendenränder.**

Kaestle: **Das verbesserte Trochoskop als Untersuchungs- und röntgenoskopischer Operationstisch.** Technische, durch Abbildung veranschaulichte Mitteilungen, die im Original nachzulesen sind.

Nr. 17. Lenz: **Zur Methodik der abdominalen Röntgendurchleuchtungen.** Die Autopalpation durch den „Bleiknopfzeiger" leistet wertvolle Hilfsdienste bei der abdominalen Durchleuchtung.

Nr. 20. Schwarz: **Lokalisatorhaken.** Technische Mitteilung.

Nr. 21. Hasselwander: **Über die Anwendung und den Wert der stereoröntgenogrammatischen Methode.** Eingehende Würdigung der Bedeutung des auch von vielen anderen Seiten mit Recht empfohlenen stereoskopischen Untersuchungsverfahrens.

Nr. 27. Kaestle: **Zur Technik der röntgenoskopischen Magenuntersuchung.** Verfasser wendet seit einer Reihe von Jahren die Untersuchung des Magens im Stehen und in der Bauchlage an und gibt die Vorteile dieses Verfahrens an einer Reihe von Röntgenskizzen wieder.

Nr. 30. Wilms: **Heilende Röntgenstrahlen bei Prostatahypertrophie.** Die bei Prostatahypertrophie vorhandenen Reizzustände und Spasmen können durch Röntgenbestrahlung günstig beeinflußt werden. Die Besserung, die daher bei dem Leiden durch Röntgenbestrahlung beschrieben ist, beruht lediglich auf der Verringerung dieser Reizzustände.

Wilms: **Röntgenbestrahlung bei Pylorospasmus.** Die günstigen Erfahrungen, die Verfasser bei Reizzuständen der Blase bei Prostatahypertrophie gemacht hatte, ließen ihn das gleiche Verfahren auch bei Magenspasmen in Anwendung bringen, wenn die Reizzustände innerhalb der Magenwand saßen. Das Verfahren wird zur Nachprüfung empfohlen.

Festschrift zur Feier des zehnjährigen Bestehens der Akademie für praktische Medizin in Cöln.

Graeßner: **Der röntgenologische Nachweis der Spina bifida occulta.** Die Spina bifida occulta wird im allgemeinen als ein seltenes Vorkommnis angesehen und man glaubte ihr Vorhandensein durch äußerliche Merkmale, wie abnorme Pigmentierung, Teleangiekatasien u. dgl. vermuten zu können. Dem-

gegenüber hat Graeßner festgestellt, daß die Spina bifida wesentlich häufiger ist. Er fand sie unter 492 Röntgenogrammen der Lumbosakralgegend 78mal, ohne daß die Röntgenbilder speziell zur Feststellung einer Spina bifida angefertigt worden wären. Interessant und wichtig ist die jüngst gefundene Tatsache, daß es Störungen an den unteren Gliedmaßen gibt auf dem Gebiete der Motilität, Sensibilität und Trophik, welche erst in späteren Lebensjahren sich bemerkbar machen und trotzdem dieses angeborene Leiden als Ursache haben. Hierzu gehören auch trophoneurotischen Störungen an den Füßen, ferner Hohlfuß, Krallenzehenfuß usw. Bekannt ist ja die Erscheinungsform der Enuresis nocturna, bei welcher man immer an Spina bifida denken soll. Eine ganz eigenartige Beobachtung ist die, daß auch bei 28 Frauen, welche an einem Prolaps litten, 25mal die Wirbelspalte festgestellt wurde. Diese Hinweise rechtfertigen die Wichtigkeit des Röntgenbildes, dessen Deutung aber oft Schwierigkeiten macht. Verfasser hat diese Frage eingehend studiert, auch mazerierte Kreuzbeine mit zu seiner Untersuchung herangezogen. Die Einzelheiten seiner Feststellung müssen in der mit Skizzen und Röntgenogrammen belegten Arbeit nachgelesen werden.

Zeitschr. f. Geburtshilfe und Gynäkologie. Band 76.

Fränkel: **Fehlerquellen in der Röntgendosierung.** Die bekannten Unterschiede, die in der Dosierung durch die Angaben von Gauß und später von Iselin entstanden sind, glaubt Verfasser auf einen Irrtum durch die Einführung des Quadratzentimeters als Maßeinheit zurückführen zu müssen.

Archiv für Schiffs- und Tropenhygiene. Band 20.

Reinhard: **Röntgenbefunde bei beriberiartigen Erkrankungen.** Die Arbeit entstammt dem Institut für Schiffs- und Tropenkrankheiten in Hamburg. Im Vordergrunde der klinischen Erscheinungen der Beriberi steht die Insuffizienz des peripheren Gefäßsystems, die sich in einer erheblichen Verminderung des Blutdrucks äußert. Demzufolge findet man klinisch Hautblässe, Ödeme und in der akut perniziösen Form das Hydroperikard. Gleichzeitig treten Vermehrung der Widerstände im kleinen Kreislauf auf, die sich in Kurzatmigkeit, Beklemmung, Atemnot usw. äußert. Dabei kann man perkutorisch eine Rechtsverbreiterung der Herzdämpfung und eine Verbreiterung der „Herztaille“ feststellen. Gerade diese Verhältnisse am Herzen hat Verfasser röntgenologisch studiert und gibt seine Untersuchungen in einer Reihe von Röntgenskizzen wieder. Er konnte feststellen, daß das Gefäßband rechter- wie linkerseits erheblich verbreitert ist, daß sich an dieser Verbreiterung aber nicht nur die Aorta, sondern auch die Pulmonalis beteiligt. In einem Fall, in dem Ödeme der Beine bestanden, war auch eine Vergrößerung des Schattens der Cava zu sehen. Diese Veränderungen erfahren alle mit der Besserung des Zustandes eine Rückbildung. Bei ausgesprochener Insuffizienz der Gefäße des großen Kreislaufs war auch deutlich die sekundäre Verbreiterung des linken Ventrikelbogens und das Hydroperikard nachweisbar.

Deutsche med. Wochenschr. 1915. Nr. 20.

Finckh: **Die frühzeitige Erkennung der Gasphlegmone durch das Röntgenbild.** Es werden zwei Formen der Gasphlegmone unterschieden: 1. Die maligne Form, wobei es unter Gasbildung zur Gangrän großer Gewebsabschnitte kommt und dann 2. der Gasabszeß im Sinne einer Verhaltung von Sekret und Zersetzung desselben unter Gasbildung. Die zweite Form kann stets in die erste Form übergehen, sie ist durch das Röntgenbild nachweisbar. Die Ursache der Verletzung ist fast ausschließlich eine Granat- oder Minensplitterverwundung. Äußerlich bot in den sechs Fällen des Verf. die Wunde nichts Besonderes, namentlich war die Temperatur nicht wesentlich erhöht. Es fiel nur auf, daß der Kranke ein teilnahmsloses Wesen zeigte. Bei der Röntgenuntersuchung zeigte sich in der Nähe des Fremdkörpers ein kleiner dunkler Fleck, der als Luftblase zu identifizieren war. Es dürfte sich demnach empfehlen, in verdächtigen Fällen stets die Röntgenuntersuchung vorzunehmen.

Nr. 21. Rosenthal: **Strahlentherapie mittels Ultradur-Röntgenstrahlen.** Unter Ultradur-Röntgenstrahlen sind kurzwelligste Strahlen zu verstehen, welche von Röntgenröhren ausgesandt werden, deren Härte ganz besonders groß ist. Verfasser knüpft seinen Vortrag über Strahlentiefentherapie auf dem Röntgen-Kongreß 1914 an. Zur Erreichung seines Zieles studierte er die verschiedenen Ursachen, welche das Durchschlagen der Röntgenröhren bei den extrem hohen elektrischen Spannungen veranlassen. Die technischen Einzelheiten der neuen Röhre werden im einzelnen angegeben und auch an Bildern erläutert. Verfasser glaubt, daß es möglich ist, mit der neuen Röhre von der Vielfelderbestrahlung absehen zu können.

Nr. 27. v. Seuffert: **Eine Methode zur quantitativen und qualitativen Messung von Röntgenstrahlen.** Die Einzelheiten der Arbeit eignen sich nicht zu kurzem Referat und sind im Original nachzulesen.

Nr. 30. Levy-Dorn: **Die neuen Röntgenröhren von Lilienfeld, Coolidge und Zehnder.** In einer kurzen Übersicht werden die Vorteile, die die genannten Röhren gegenüber den bisherigen Typen bieten, eingehend kritisch gewürdigt und auf ihre praktische Brauchbarkeit untersucht.

Nr. 31. Küpferle und v. Szily: **Über Strahlentherapie bei Hypophysentumor.** Kasuistischer Beitrag, in welchem dargetan wird, wie bei einem Kranken, der mehrere Monate nach einer zunächst

erfolgreichen entlastenden Hypophysenoperation die Sehkraft durch ein Rezidiv verloren hatte, längere Zeit fortgesetzte Intensivbestrahlung das Sehen zum größten Teil wiederbrachte. Es wurden durch 20 Einfallspforten jede Teilstelle mit 30–50 x harter gefilterter Strahlen bestrahlt. Die Bestrahlung war eine kombinierte, indem von außen Röntgenstrahlen und vom Munde her Mesothorium zur Anwendung kam.

Nr. 34. Martin: **Geschoßlokalisation durch Stereoskopie.** Empfehlungen der bekannten Drünerschen Meßmethode zur Lokalisation von Geschossen.

Nr. 35. Popper: **Die Diagnose der Darmperforation mit Hilfe der Röntgendurchleuchtung.** Bei einem Manne, der seit zehn Monaten über Schmerzen in der Oberbauchgegend, Übelkeit und Aufstoßen klagte, ergab die Röntgenuntersuchung eine Narbenverziehung und Fixierung der Pars pylorica an der Leber, deren Ursache in einem Magengeschwür zu suchen war. Wenige Tage nach der Entlassung stellte der Patient sich wieder ein mit den deutlichen Zeichen der Perforation. Das Röntgenbild ergab jetzt einen sichelförmigen Streifen auf der Leberkuppe, welcher in den nächsten Tagen an Größe zunahm. Bei der Operation fand sich ein Gas enthaltender Abszeß.

Nr. 37. Jaworski: **Vergleichende Untersuchungen über röntgenologische und klinische Befunde am Magen.** Verfasser begrenzt das Thema auf die Frage, wie weit die üblichen physikalischen Untersuchungsmethoden des Magens mit den radiologischen übereinstimmen auf Grund von 70 speziell ausgewählten Fällen. Hierbei hat sich zunächst als notwendig erwiesen, daß die Kranken die Kontrastmahlzeit in der gleichen Lage einnehmen müssen, in der man auch gewohnt ist, zu palpieren. Aber auch in der horizontalen Lage konnten übereinstimmende Resultate nicht gewonnen werden vornehmlich deshalb, weil der Barytbrei hoch in die linke Brusthälfte zurücksank. Anders waren die Verhältnisse, wenn die Mahlzeit im Stehen gegeben wurde, dann stehend die Durchleuchtung vorgenommen wurde und jetzt erst der Kranke in horizontale Lage gebracht wurde. Hier erst trat die normale Magenform, wie wir sie auf dem Röntgenbilde zu sehen gewohnt sind, ein. Aber auch trotzdem war eine Übereinstimmung des röntgenologischen und Palpationsbefundes nicht zu erzielen. Wenn keine Kontrastmahlzeit gegeben wurde, sondern die Untersuchungen am aufgeblähten Magen stattfanden, war ebenfalls eine deutliche Differenz festzustellen. Verfasser schließt hieraus, daß es zweckmäßig ist, zwei Diagnosen bei jedem Kranken zu stellen, eine radiologische und eine klinische, da es nicht angängig ist, daß die Röntgenuntersuchung allein ausschlaggebend für die Diagnose ist. Als Nebenbefund ist noch hervorzuheben, daß das Herz durch den gefüllten Magen nicht unwesentlich zunächst in die Höhe gedrückt wird, bis sich schließlich der Magenfundus hinter das Herz schiebt, so daß das Herz mehr nach der vorderen Brustwand gedrängt wird.

Nr. 45. Schwenk: **Das Aufsuchen und die Entfernung von Geschossen.** Kurze orientierende Arbeit, in der der Wert der Röntgenuntersuchung bei der Geschoßentfernung vorgehoben wird.

Nr. 48. Schwarz: **„Stellsonde"-Verfahren.** Das bei der Firma F. Reiner & Co. in Wien erhältliche Instrument hat sich dem Verfasser außerordentlich bewährt zur Entfernung von Geschossen. Das Wesen der Methode liegt darin, daß nach einer probeweisen Einstellung auf dem Röntgenoperationstisch die Stellsondenbestandteile sterilisiert werden und dann entsprechend der Einstellung in der Richtung, in welche die Sonde zeigt, eingeschnitten wird. Durch Vorführen der Sonde in die Operationswunde kann man sich jederzeit über die Richtung des weiteren Vordringens orientieren, eventuell sogar während der Operation weitere Durchleuchtungen vornehmen.

Nr. 50. Albers-Schönberg: **Beitrag zur Projektildiagnose.** Verfasser bekennt sich im allgemeinen als Anhänger der stereoskopischen Lagebestimmung, wie sie von Drüner u. a. empfohlen worden ist. Er sieht die Vorteile dieses Verfahrens darin, daß es sich um eine Methode handelt, die nicht nur allein auf die Fremdkörperbestimmung zugeschnitten ist, sondern auch das topographisch-anatomische Bild weitgehend berücksichtigt. Über einige gebotene Einschränkungen wird dann weiter berichtet. Hierher gehört die für den Operateur notwendige Angabe eines Hautpunktes, unter welchem das Geschoß zu suchen ist. Besondere Schwierigkeiten machen die Fälle, in welchen das Geschoß von einem dichten Knochenschatten überdeckt wird, wie beispielsweise bei Geschossen im oder am Wirbelkörper. Hier hilft auch oft die stereoskopische Untersuchung nicht weiter, und man muß zu Messungen durch Projektilverschiebung seine Zuflucht nehmen, vor allem nach der Methode Fürstenau. Treten bei zwei nacheinander gemachten Lokalisationsaufnahmen Differenzen auf, so muß der Verdacht auf einen Abszeß bestehen, aber auch sonst kommen Beweglichkeiten der Geschosse vor, z. B. im Gehirn, der Gelenkkapsel oder nach erfolglosen operativen Eingriffen. Auch für die Beurteilung der Felddiensttauglichkeit ist die Lokalisation bei der Symptomlosigkeit, mit der oft Steckschüsse verlaufen, von großer Bedeutung.

Deutsche med. Wochenschr. 1916. Nr. 4.

Küpferle und Bacmeister: **Experimentelle Grundlagen für die Behandlung der Lungentuberkulose mit Röntgenstrahlen.** Die an Kaninchen gewonnenen Resultate werden in folgenden Ergebnissen zusammengefaßt: Durch Anwendung harter, filtrierter Röntgenstrahlen ist eine beginnende, experimentell bei Kaninchen gesetzte Lungentuberkulose zu unterdrücken, eine bereits entstandene zu heilen. Getroffen

wird durch die Röntgenstrahlen das relativ schnell wachsende tuberkulöse Granulationsgewebe, das in Narbengewebe umgewandelt wird. Eine Einwirkung der Röntgenstrahlen auf die Tuberkelbazillen selbst findet nicht statt. Zur Erzielung der Heilung ist eine Strahlenoptimaldosis notwendig. Zu kleine Dosen in langen Pausen haben keinen Einfluß. Sehr große Dosen in schneller Folge ohne genügend große Reaktionspausen schädigen das normale Lungengewebe und rufen Bronchitiden und Bronchopneumonien hervor. Es ist notwendig, genügend große Energiemengen (im Tierexperiment 20—23 x Oberflächenenergie) mit Einschaltung genügend großer Reaktionspausen 3—5 Tage zuzuführen, um eine Anregung und Beschleunigung des Heilungsvorganges zu erreichen. Die Heilung durch Röntgenstrahlen läßt sich durch richtige Technik bei experimentell gesetzter hämatogener und Aspirationstuberkulose erreichen. Durch Quarzlampenlicht wurde ein direkter Einfluß auf die experimentelle Lungentuberkulose nicht erzielt.

Nr. 5. Fahr: **Zur Frage der Nebenwirkungen bei der Pyelographie.** Bei einem 34jährigen Mann, der längere Zeit über Schmerzen in der linken Nierengegend klagte und immer Blut im Urin hatte, war im Skopolaminrausch eine Pyelographie der linken Niere vorgenommen worden. Beim Vorschieben des Ureterkatheters stieß man auf Widerstand. Nach der Kollargolinjektion trat ein Kollaps auf und der Kranke ging 24 Stunden später zugrunde. Nach dem Sektionsbefund muß angenommen werden, daß eine Resorption des Kollargols in das Nierenbecken nicht eingetreten ist. Der Tod erfolgte vielmehr durch eine Summe von Schädlichkeiten anderer Art. Dagegen ist festzustellen, daß die Kollargolfüllung des Nierenbeckens wohl zu einer lokalen Schädigung des Parenchyms führen kann und zwar dann, wenn das Kollargol unter starkem Druck eingespritzt wird und wenn es aus irgendwelchen Gründen im Nierenbecken längere Zeit zurückgehalten und infolgedessen in größerer Menge in das Nierengewebe resorbiert wird.

Nr. 8. Gocht: **Die Lagebestimmung von Fremdkörpern nach Gillet.** Das Gilletsche Verfahren, welches im einzelnen an Hand von 12 Figuren dargelegt wird, hat sich dem Verfasser außerordentlich bewährt.

Nr. 9. Hammes und Schöpf: **Zur genauen Lokalisation von Fremdkörpern mittels Röntgenstrahlen.**

Langemark und Beyer: **Eine einfache Vorrichtung zur Tiefenbestimmung von Fremdkörpern nach Fürstenau.**

Nr. 10. Döhner: **Röntgenologische Fremdkörperlokalisation mit besonderer Berücksichtigung des Feldinstrumentariums.**

Nr. 19. Fränkel: **Ein neues röntgenologisches Fremdkörperlokalisationsverfahren.**

Syring: **Die Lagebestimmung von Fremdkörpern nach Gillet.**

Nr. 21. Rehn-Jena und Edner: **Ein einfaches Verfahren zur Fremdkörperbestimmung.** Die vorgenannten Arbeiten beschäftigen sich ausführlich zum Teil an Hand von Abbildungen mit verschiedenen Lokalisationsverfahren. Sie sind im Original nachzulesen.

Nr. 24. Lossen: **Stereoskopie in der Röntgentechnik für die Feldchirurgie ausgearbeitet.** Technische Mitteilungen.

Nr. 25. A. Köhler: **Zur Vereinfacherung der röntgenologischen Fremdkörperlokalisation.** Verfasser empfiehlt die Kombination von Stereoskopie und Tiefenbestimmung nach Fürstenau, mit der er außerordentlich zufrieden gewesen ist. Hayward.

Annalen der Physik. Bd. 50. S. 769—795. 1916.

L. Vegard: **Über die elektrische Absorption in Entladungsröhren.** Verf. findet, daß das allmähliche Verschwinden des Gases in einer mit elektrischem Strom beschickten Entladungsröhre bei Benutzung von Sauerstoff, Stickstoff und Helium als Füllgas mit der Zerstäubung der Kathode der Röhre proportional geht, nämlich ebenso wie diese Zerstäubung mit wachsendem Spannungsabfall an der Kathode der Röhre zunimmt. Mit Wasserstoff als Füllgas verschwand dagegen das Gas umgekehrt dann, wenn kein Strom durch die Röhre ging, kam aber bei Stromdurchgang bald wieder zum Vorschein und wurde dann auch bei stundenlangem Betrieb der Röhre nicht wieder absorbiert. Ähnlich dürften die Verhältnisse auch bei den osmotisch mit Wasserstoff beschickten Röntgenröhren liegen und sich daraus auch die gute Konstanz des Vakuums derselben erklären. Was den Grund des Verschwindens des Gases bei Stromdurchgang in den ersteren Gasen anbetrifft, so ist Verf. wie Kohlschütter (s. Fortschr. Bd. 11, S. 372) der Ansicht, daß es sich hier um eine durch die Kanalstrahlenteilchen verursachte chemische Verbindung des Gases mit dem zerstäubten Metall jener Elektrode handelt. Allerdings soll die Verbindung nicht, wie Kohlschütter meint, eine vorübergehende, sondern eine dauernde sein, was aber doch wohl wenig wahrscheinlich ist. Beim Wasserstoff soll es sich um eine Art stationären Gleichgewichts zwischen Vorgängen entgegengesetzter Richtung, also einer Gasentwicklung und einer Gasabsorption, handeln. Auch diese Annahme erscheint recht fraglich.

The Physical Review. Bd. 8. S. 326. 1916.

A. W. Hull und M. Rice: **Das Gesetz der Absorption der Röntgenstrahlen hoher Schwingungszahlen.** Aus Barklas Absorptions- und Moseleys Wellenlängenmessungen folgt, daß der Absorptions-

koeffizient aller Metalle sich ungefähr wie die dritte Potenz der Wellenlänge ändert, ausgenommen in der unmittelbaren Nachbarschaft der charakteristischen Wellenlängen des Metalls. Die Versuche erstreckten sich bis jetzt indessen nur über einen Wellenlängenbereich von etwa $4—0,5.10^{-8}$ cm. Die Verf. haben nun dieselben bis auf Wellenlängen von $0,12.10^{-8}$ cm hinab ausgedehnt und auch hier eine gute Bestätigung der oben genannten Beziehung gefunden. Sie benutzten dabei die „weiße" Strahlung einer Röntgenröhre mit Wolframantikathode, die mittels eines Steinsalzkristalles zu einem Spektrum ausgebreitet wurde, von dem sie dann jedesmal ein sehr schmales Bündel in eine Ionisationskammer hineinsandten. Der sogenannte Massenabsorptionskoeffizient μ/ϱ berechnet sich nun nach ihren Versuchen aus der Wellenlänge λ nach der Formel $\frac{\mu}{\varrho} = a\lambda^3 + b$, wo b für alle Metalle = 0,12 und a für das Aluminium, Kupfer und Blei bzw. = 14,9, 150 und 430 ist. Als Beispiel für die gute Übereinstimmung zwischen Theorie und Beobachtung sei folgender Auszug aus der betreffenden Tabelle der Verf. gegeben:

λ	μ/ϱ					
	Al		Cu		Pb	
10^{-8} cm	beob.	ber.	beob.	ber.	beob.	ber.
0,294	0,493	0,499	3,84	3,94	11,1	11,04
0,221	0,283	0,281	1,70	1,74	4,63	4,76
0,196	0,243	0,232	1,27	1,25	3,40	3,36
0,160	0,178	0,181	0,79	0,74	1,82	1,88

Auch Rutherfords Wert für die Absorption der γ-Strahlung des Radium B mit $\lambda = 0,164.10^{-8}$ cm in Aluminium fällt mit $\frac{\mu}{\varrho} = 0,19$ gut in die Reihe.

The Physikal Review. Bd. 8. S. 329. 1916.

C. D Miller: **Die Absorptionskoeffizienten weicher Röntgenstrahlen.** Verf. hat die Absorption von Röntgenstrahlen gemessen, welche in einer Röhre mit einer Kathode nach Coolidge und einer Antikathode aus Eisen mit Hilfe einer Hochspannungsbatterie mit Spannungen von 2500—10000 Volt erzeugt wurden und aus der Röhre durch ein Fenster von ungefähr 0,007 mm dickem Aluminium austraten. Auch bei diesen Strahlen war der Absorptionskoeffizient, trotzdem sie also mit konstanter Spannung erzeugt waren, durchaus nicht konstant, sondern nahm wie bei den mit Induktionsapparat erzeugten mit wachsender Schichtdicke des absorbierenden Stoffes zunächst ziemlich stark und dann immer langsamer ab, um schließlich konstant zu werden, so daß die Strahlen also erst nach dem Durchgang durch eine genügend dicke Schicht irgendeines Stoffes als homogen betrachtet werden können. Für Aluminium z. B. berechnet sich das Gewicht von 1 qcm einer Schicht, welche nötig ist, um Strahlen, die mit einer Spannung von V-Volt erzeugt werden, homogen zu machen, nach den Beobachtungen des Verf. zu $V^{2,77}\,10^{-12}$, so daß also z. B. für $V = 60000$, ein Wert, der etwa den Strahlen einer gewöhnlichen ziemlich harten Röntgenröhre der Technik entspricht, jenes Gewicht ungefähr = 17 g, oder also die Dicke der Schicht etwa $= \frac{17}{2,7} = 6,3$ cm sein würde, wenn man die für so sehr weiche Strahlen abgeleitete Formel des Verf. auf jene harten anwenden darf. Der Größenordnung nach trifft dieser Wert jedenfalls zu.

Walter-Hamburg.

Jahreskurse für ärztl. Fortbildung. August 1916.

Holzknecht: **Fremdkörperoperation unter direkter Leitung des Röntgenlichtes und ihr technischer Ausbau.** Das reiche Material an Kriegsverletzungen läßt es wünschenswert erscheinen, Methoden zur Fremdkörperlokalisation anzuwenden, welche, alles Umständliche vermeidend, einfach und exakt auszuführen sind. Als einfache Methode der Orientierung gilt die Röntgenaufnahme in zwei senkrecht zueinander stehenden Richtungen, eine von vorn oder hinten, die zweite von der Seite. Seitliche Aufnahmen des Rumpfes erschienen bisher unausführbar; sie lassen sich herstellen und geben gute Übersichtsbilder, wenn die Strahlenrichtung etwa um 10° von der Senkrechten abweicht. An jenen Partien des Rumpfes, wo in den seitlichen Aufnahmen kleine Skelettdetails nicht gut sichtbar sind, tritt an Stelle des Zweiplattenverfahrens das Dreiplattenverfahren. Zwecks Lokalisation auf die Haut empfiehlt H. die Rotationsdurchleuchtung bei feststehender Röhre; sie ergibt Nahpunkt und Tiefe. Muskelsteckschüsse lassen sich unter Umständen gut lokalisieren durch ihre Mitbewegung mit Lunge, Herz, Zwerchfell usf. Die nach Kriegsverletzungen auftretenden chronischen Eiterungen mit Fistelbildung zeigen häufig einen sehr langwierigen, komplizierten Verlauf mit geringer Heilungstendenz. Als Grund hierfür ist angegeben, daß die Behandlung die Eiterquellen und den Fistelverlauf nicht genügend berücksichtigt. Das wichtigste Mittel zur Orientierung stellt für solche Fälle die Röntgenaufnahme dar nach Kontrastmittelfüllung der Fisteln. An Stelle der von Beck angegebenen Methode (Einspritzen der Salbenmasse) empfiehlt H. die Verwendung von Stäbchen, welche als Kontrastmittel das ganz ungiftige Zirkonoxyd enthalten. Mehrere beigefügte Vergleichsbilder lassen erkennen, um wieviel deutlicher Zerstörungen und Fistelgänge nach der Fistelfüllung hervortreten.

Interstate med. Journ. 23. Bd. Nr. 4.

J. Seth Hirsch: **The Roentgen Ray Study of the Oesophagus.** Reiche Erfahrung und klare Durchführung charakterisieren die Arbeit Hirschs. Das Studium derselben dürfte gerade für den Anfänger zu empfehlen sein, welchem sie nicht nur Anleitung in technischer Hinsicht gibt, sondern auch zeigt, wie weit die Röntgenuntersuchung die Diagnostik der Speiseröhrenerkrankung zu unterstützen vermag. Hinsichtlich der technischen Angaben sei hervorgehoben, daß Verf. die Anwendung des Bismutbolus oder größerer Mengen von Bi zur Kontrastfüllung der Speiseröhre für falsch hält. Der Bi-Bolus kann nach H. auch im normalen Ösophagus an der Cardia bis zu 15 Minuten liegen bleiben. Die beste Kontrastfüllung besteht in einer Bi-Mucilagomischung, welche, je 1 Teelöffel beider Substanzen, bis zur sirupartigen Konsistenz gerührt werden. Mit dieser Lösung gelingt es auch, die feinsten Veränderungen sichtbar zu machen, ohne den normalen Tonus der Speiseröhre künstlich zu verändern.

Annals of Surgery. Juni 1916.

Green und Le Wald: **Foreign Bodies in the respiratory Tract.** Die meisten Fremdkörper der Atmungsorgane bestehen aus Metall oder Knochen (Knöpfe, Nadeln, Fischgräten usf.) und sind demgemäß für Röntgenstrahlen undurchgängig. Langdauernde Krankheitsprozesse der Atemwege, welche keine Heilungstendenz zeigen, legen den Verdacht eines Fremdkörpers nahe; für solche Fälle ist eine Röntgenuntersuchung angebracht. Die Röntgenuntersuchung soll jedesmal der Bronchoskopie vorangehen; sie bereitet den Patienten keinerlei Unbequemlichkeit, während sie dem Untersucher nicht nur den Sitz des Fremdkörpers angibt, sondern auch über den Zustand der den Fremdkörper umgebenden Partien unter Umständen Klarheit verschafft.

Arch. of Pediatrics. Bd. 33. Nr. 6.

Gould und Le Wald: **Chloroma. A Report of 2 Cases together with the roentgenologic Findings.** Die Beobachtungen, welche die Verfasser an zwei Fällen von Chlorom anstellen konnten, bestätigen im wesentlichen die von anderer Seite gemachten Erfahrungen. Charakteristisch ist in der Hauptsache eine Proliferation des Knochengewebes der Schädelknochen, welche eine Trennung der Schädelnähte zur Folge hat und im Röntgenbilde deutlich wahrzunehmen ist. Häufig finden sich charakteristische Veränderungen an den langen Röhrenknochen: Rarefikation in den Markhöhlen mit gleichzeitiger ausgedehnter Abhebung des Periosts. Im Gegensatz zu den Veränderungen bei Rachitis sind beim Chlorom die Epiphysen an dem Prozesse nicht beteiligt. Entsprechend den Schwellungen der lymphatischen Gebilde finden sich im Röntgenbilde die den vergrößerten Drüsen zugehörigen Schatten.

Beitr. z. klin. Chirurgie. Bd. 101. Heft 1.

Grashey: **Fremdkörperschicksale und Fremdkörperbestimmung.** Die vorliegende Arbeit bringt in erweiterter Form den Inhalt eines Referates. In knappen Zügen bespricht Verfasser die hauptsächlichsten Arbeiten und Ergebnisse der Fremdkörperlokalisation. Die beigegebene Literaturübersicht wird für alle wertvoll sein, welche sich mit der gerade in letzter Zeit stark vermehrten Literatur beschäftigen wollen.

Straßburger med. Zeitung. 1916. Nr. 8.

Alfred Weil: **Die röntgenologischen Methoden der Herzgrößenbestimmung und ihr Einfluß auf die Entwicklung der Herzperkussion.** Als exakteste Methode der Herzgrößenbestimmung ist die Orthodiagraphie nach Moritz zu betrachten; gleiche Resultate lassen sich auch mit der Köhlerschen Fernphotographie erzielen. Zugunsten letzterer sprechen vom praktischen Standpunkt aus betrachtet die wesentlich geringere Abnutzung der Röhre und die geringeren Kosten, da die Fernphotographie mit jedem Instrumentarium ausführbar ist. Von den Perkussionsmethoden sind als gleich wertvoll die Ebsteinsche Tastperkussion, die Goldscheidersche Schwellenwertsperkussion und die Perkussion nach Moritz zu betrachten. Jede dieser Methoden liefert, gleiche Bedingungen vorausgesetzt, das gleiche Resultat, d. h. den größten Umriß des Herzens in sagittaler Projektion auf der Brustwand, also dasselbe Bild, wie es die Orthodiagraphie ergibt.

Journ. of Americ. med. Association. 17. Juni 1916.

Douglas und Le Wald: **Fecal Concretions of the Appendix.** Kotsteine des Appendix lassen sich unter Umständen im Röntgenbilde erkennen, namentlich dann, wenn infolge entzündlicher Veränderungen sich Kalziumsalze auf der Oberfläche der Steine abgelagert haben. Die gleichzeitige Einführung eines strahlenundurchlässigen Katheters in den rechten Ureter schützt nicht unbedingt vor einer Fehldiagnose und Verwechslung mit Uretersteinen. Am zweckmässigsten erscheint Verfassern die Durchleuchtung bez. Aufnahme nach vorheriger Wismutfüllung des Coecum.

Münchn. med. Wochenschr. 1916. Nr. 27.

Huismans: **Ein Fall von schwerem, perforierendem Herzschuß** (Tod nach sechs Monaten). In dem von Huismans veröffentlichten Falle handelt es sich um einen Brustschuß, welcher rechte Herzkammer, Aorta und rechten Vorhof glatt durchbohrt hatte, wie die Sektion erwies. Klinisch war der

Fall namentlich unter Berücksichtigung eines deutlichen systolischen über der Pulmonalis als supra valvuläre Pulmonalstenose gedeutet worden. Für ein Aneurysma arterio-venosum, an welches auch gedacht worden war, ergab das Röntgenbild keinen Anhaltspunkt. Der Fall ist insofern besonders erwähnenswert, weil der Patient noch sechs Monate seine schwere Verletzung überlebte und sogar die Operation einer gangränösen Appendizitis in Chloroformnarkose überstand.

Zentralblatt für Herz- und Gefäßkrankheiten. 8. Jahrg. Heft 11/12.

Huismans: **Über einige angeborene Herzanomalien.** Verfasser hat mehrere Fälle von angeborenen Herzanomalien mittels seines Telekardiographen zu untersuchen Gelegenheit gehabt. Ob die hierbei durch Messung festgestellten telekardiographischen Zahlen diagnostisch sich verwerten lassen, ist noch nicht mit Sicherheit festzustellen, weil noch nicht genügend Vergleichszahlen zur Verfügung stehen. Die telekardiographischen Bilder ergaben weder die von Groedel als charakteristisch für offenen Ductus Botalli angesprochene starke Vorbuchtung und systolische dilatatorische Pulsation des Pulmonalbogens noch die von Gerhardt beschriebene bandförmige Dämpfung. Dagegen eignen sie sich infolge ihrer scharfen Kontur durchaus zur exakten Messung des Herzens.

Interstate med. Journal. 1916. Nr. 5.

Grier: **The Roentgen treatment of uterine Fibromata.** Die Röntgenbehandlung der Myome ist erst relativ spät in Amerika zur Anwendung gekommen. Entgegen der Ansicht von Krönig und Gauß hält Verfasser die Röntgenbehandlung nur dann für indiziert, wenn die Operation nicht möglich oder nicht erwünscht ist; direkt Contra indiziert ist sie bei entzündlichen Zuständen des Beckens, bei Nekrose der Myome und bei jugendlichen Patienten, bei welchen eine Menopause noch nicht erwünscht ist. Der Einfluß, welchen die Röntgenstrahlen auf die Myome und die Blutung ausüben, ist nach G. ein indirekter und durch primäre Einwirkung auf die Ovarien bedingt. Die geringste Dose, mit welcher Verf. gearbeitet hat, waren 225 x in sechs Feldern; eine größere Dose wie 1000 x anzuwenden, hält Grier für überflüssig.

L. Metzger-Frankfurt a. M., zurzeit im Felde.

An unsere Herren Mitarbeiter!

Wir können unsere Zeitschrift leider nicht mehr so schnell wie im Frieden erscheinen lassen, da es den technischen Anstalten an Personal fehlt. Wir bitten die Herren Verfasser, sich mit der Veröffentlichung ihrer Arbeiten zu gedulden. Wir weisen darauf hin, daß möglichste Beschränkung der auf photographischem Wege zu reproduzierenden Röntgenbilder dringend erforderlich ist, da infolge der Kriegslage ihre Herstellung immer schwieriger, teurer und langwieriger wird, so daß durch diese Übelstände das schnelle Erscheinen von Arbeiten mit sehr zahlreichen photographischen Reproduktionen verlangsamt wird. Ein weiterer Grund der Verzögerung sind die übermäßigen Verfasserkorrekturen, die uns veranlassen, nachstehenden Brief unserer Druckerei zur Kenntnis zu bringen mit der Bitte, uns nur druckfertige Manuskripte zu senden und Korrekturen auf das allernötigste zu beschränken.

Lucas Gräfe & Sillem.

Leipzig, 1. Februar 1917.

Die übermäßigen Verfasserkorrekturen, wie solche manche Autoren nach Herstellung des ersten Satzes ausführen, haben wir bereits seit Jahren beanstandet. Wir berühren heute nochmals diese Frage, weil durch diese übermäßigen Korrekturänderungen Ihnen als Verleger nicht nur vermehrte Unkosten, sondern auch schließlich verzögertes Erscheinen der „Fortschritte" zuteil werden.

In der Jetztzeit belastet uns aber derartige Korrekturarbeit schwer, denn unser Personalbestand an Setzern ist durch immer wiederholten Einzug zum Militärdienst soweit gesunken, daß wir nur noch ganz alte Gehilfen und einige Lehrlinge beschäftigen. Auch im Druckersaal ist der gleiche Notstand eingetreten und wir waren deshalb vor einiger Zeit genötigt, sogar weibliche Personen in Setzerei und Druckerei anzulernen, damit wir nicht ganz zum Stillstand kommen. Dieser Zustand wird vor Friedensschluß kaum eine Besserung erfahren.

Wir bitten Sie, den betreffenden Verfassern in dieser Angelegenheit nähertreten zu wollen und wir sind überzeugt, daß diese auch Ihre Wünsche erfüllen werden.

Hesse & Becker.

Druck von Hesse & Becker in Leipzig.

Anweisung für die Verpackung von Platten.

Infolge mangelhafter Verpackung erhält die Redaktion die zur Reproduktion bestimmten Platten sehr häufig in zerbrochenem Zustande. Um die Autoren vor Schaden zu bewahren, empfehlen wir die Platten durch einen Sachverständigen (Glaser, Photograph) verpacken zu lassen. Sollte dieses nicht möglich sein, so verfährt man zweckmässig in folgender Weise. Die zum Postversand bestimmten Platten werden in Seidenpapier (nicht in Zeitungspapier) eingewickelt, in einen leeren Plattenkasten von gleichem Format verpackt. Für den Fall, dass sie den Kasten nicht vollständig ausfüllen, muss der übrig bleibende Raum mit Watte prall ausgefüllt werden. Der Plattenkasten wird alsdann mit Bindfaden verschnürt und nunmehr in einer Kiste sorgfältig mittelst Holzwolle verpackt. Der Plattenkasten kann auch in einer dicken Umhüllung von Holzwolle mittelst Packpapier umwickelt und verschnürt werden. Jedenfalls muss im letzteren Falle die Schicht der Holzwolle so dick genommen werden, dass etwaige Stösse nicht bis auf den Kasten durchzudringen vermögen.

Manuskripte sind an die Redaktion, Prof. Dr. Albers-Schönberg, Allgemeines Krankenhaus St. Georg, Hamburg 5, zur Reproduktion bestimmte Platten direkt an den Verlag zu richten. Druckschriften können auch auf dem Buchhändlerwege durch die Verlagsbuchhandlung Lucas Gräfe & Sillem in Hamburg übermittelt werden.

Für die Tafeln bitten wir der Verlagsbuchhandlung nur tadellos ausgeführte Abzüge zu senden oder, falls solche nicht vorhanden, die Original-Negative.

Unsere Herren Mitarbeiter erhalten 10 Separatabdrücke von den Tafeln und 25 Abzüge ihrer Arbeit gratis nach Drucklegung des Heftes.

Druck von Hesse & Becker in Leipzig



Band XXIV Ausgegeben am 25. Juni **Heft 6**

Fortschritte

auf dem Gebiete der

Röntgenstrahlen

Unter Mitwirkung von

Prof. Dr. v. **Bergmann** in Marburg, Dr. **Christen** in München, Prof. Dr. **Deneke** in Hamburg, Prof. Dr. **Deycke** in Lübeck, Prof. Dr. **Eberlein** in Berlin, Dr. **G. Forssell** in Stockholm, Prof. Dr. **Forster** in Bern, Prof. Dr. **Eugen Fraenkel** in Hamburg, Prof. Dr. **L. Freund** in Wien, Prof. Dr. **Gocht** in Berlin, Prof. Dr. **Grashey** in München, Dr. **Groedel** in Frankfurt a. M., Prof. Dr. **Grunmach** in Berlin, Oberarzt Dr. **Haenisch** in Hamburg, Prof. Dr. **Holzknecht** in Wien, San.-Rat Dr. **Immelmann** in Berlin, Prof. Dr. **Kienböck** in Wien, Prof. Dr. **Klieneberger** in Zittau, Prof. Dr. **A. Köhler** in Wiesbaden, Prof. Dr. **Kölliker** in Leipzig, Geh. Med.-Rat Prof. Dr. **P. Krause** in Bonn, Geh. San.-Rat Prof. Dr. **Kümmell** in Hamburg, Prof. Dr. **Küttner** in Breslau, Stabsarzt a. D. **Lambertz** in Berlin, Prof. Dr. **Levy-Dorn** in Berlin, Prof. Dr. **J. E. Lilienfeld** in Leipzig, Dr. **Lorey** in Hamburg, Prof. Dr. **Ludloff** in Breslau, Geh. Med.-Rat Prof. Dr. **Oberst** in Halle, **G. E. Pfahler**, M. D. in Philadelphia, Prof. Dr. **H. Rieder** in München, Prof. Dr. **Rumpf** in Bonn, Generalstabsarzt Prof. Dr. v. **Schjerning** in Berlin, Dr. **H. E. Schmidt** in Berlin, Prof. Dr. **F. Schultze** in Bonn, Hofrat Prof. Dr. **Sick** in Hamburg, Obergeneralarzt Dr. **Stechow** in Berlin, Geh. Med.-Rat Prof. Dr. **Tillmanns** in Leipzig, Prof. Dr. **Voller** in Hamburg, Prof. Dr. **Walter** in Hamburg, Prof. Dr. **Wertheim-Salomonson** in Amsterdam und Stabsarzt Dr. **Winkler** in Ingolstadt

herausgegeben von

Professor Dr. Albers-Schönberg

Hamburg
Lucas Gräfe & Sillem
(Edmund Sillem)
1917

Die Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen erscheinen bei Lucas Gräfe & Sillem in Hamburg, Kaiser-Wilhelm-Strasse 82 I, in Bänden von je 6 Heften. Abonnementspreis 30 Mark pro Band.

Vom nächsten Bande XXV an wird der Abonnementspreis auf M. 40,— pro Band erhöht.

Inhalt.

Sachregister.

Literatur-Register der Fortschritte 1897—1907 in Band XI. (Sep.-Abdruck Preis M. 1.—.)

Namenregister (ein * bedeutet Originalartikel).

(Fortsetzung auf Seite 3 des Umschlages.)

Aus der Reservelazarettabteilung und dem Knappschaftslazarett Sulzbach (Saar).

Über die Sudecksche Knochenatrophie.

Von

Dr. **Josef Ohlmann**, Assistenzarzt d. R.

(Hierzu Tafel XXV u. XXVI.)

Die jetzige Kriegszeit mit ihrer Fülle von Verwundungen der Extremitäten hat die Chirurgie der Verletzungen der Knochen und Gelenke in den Vordergrund des Interesses gestellt, und in ihren Folgen und deren Beurteilung werden diese Verwundungen auch späterhin noch lange Zeit einen großen Teil unserer Tätigkeit und unseres Studiums in Anspruch nehmen Eine verhältnismäßig häufige Folgeerkrankung dieser Verletzungen ist aber noch weniger bekannt und hat daher vielleicht noch nicht die ihr gebührende Bedeutung für die Erkennung und Beurteilung dieser Affektionen erlangt. Es ist das zuerst von Sudeck beschriebene Krankheitsbild der akuten Knochenatrophie.

Er sah nach oft ganz geringfügigen Traumen oder Entzündungen an einem Extremitätenteil eine schwere, im Röntgenbild durch Aufhellung der Schatten sich zeigende Knochenatrophie, die weit über den Bezirk der ursächlichen Affektion sich ausdehnte und mit mehr oder weniger schweren trophischen Störungen der Weichteile und ausgesprochenen Funktionsstörungen verbunden war. Kienböck ging dann an der Hand eigener Beobachtungen genauer auf die klinischen Erscheinungen des Krankheitsbildes ein und beschäftigte sich besonders mit der interessanten Frage der Entstehung der Erkrankung: Die Vorgänge seien noch dunkel; doch wären bedeutende Zirkulationsstörungen infolge von Vorgängen im Nervensystem imstande, die Ernährung der Knochen hochgradig zu schädigen; auch an die Möglichkeit trophoneurotischer Einflüsse sei wohl mit Recht schon erinnert worden. Sudeck beschäftigte sich dann auch in seinen zahlreichen weiteren Veröffentlichungen über die akute Knochenatrophie näher mit deren Entstehung und kommt vor allem aus der sehr weit gehenden Analogie dieser Erkrankung mit der im Gefolge von Gelenkleiden auftretenden akuten Muskelatrophie, für die schon fast allgemein eine reflektorische trophoneurotische Genese angenommen war, zu dem Schlusse, daß auch für die Entstehung der Knochenatrophie trophoneurotische Störungen, durch reflektorische Einflüsse entstanden, anzunehmen seien. — Bevor Sudeck diese nur im Röntgenbild nachweisbare trophische Knochenerkrankung beschrieb, hatte Wolff schon beobachtet, daß nach Entzündungen oder Resektionen eines Gelenkes einer Extremität an weit vom Krankheitsherd entfernten Knochen bei Erwachsenen eine Verkleinerung, Schrumpfung, bei Jugendlichen eine Wachstumsstörung, und zwar gewöhnlich Verkürzung, auftreten könne. Inaktivität als Ursache dieser Störungen schloß Wolff aus, da diese Knochenveränderungen auch dann noch bestehen blieben, wenn schon längst von einer Inaktivität der betreffenden Extremität keine Rede mehr sein konnte. Er nahm als einzige Ursache, die alle Erscheinungen erklären könne, reflektorisch bedingte trophoneurotische Störungen an. — Diese von Wolff beobachteten und die von Sudeck beschriebenen Knochenatrophien sind zweifellos eng zusammengehörend, wenn nicht identisch; nach Cassirer wären die Sudeckschen Atrophien als die Anfangsstadien der von Wolff beobachteten Knochenaffektionen anzusehen.

Ich möchte nun auf das Krankheitsbild und besonders auf die Frage der Entstehungsweise der Sudeckschen Knochenatrophie im Anschluß an einige ausgewählte Fälle, deren Ver-

lauf ich an einer Serie von in kurzen Zeitabständen aufgenommenen Röntgenogrammen genauer verfolgen konnte, näher eingehen.

Fall 1 (Tafel XXV, Fig. 1, 2, 3, 4).

Der Landsturmmann S. zog sich beim Holzsägen eine Verletzung des 1. Interphalangealgelenks am linken Zeigefinger zu. 4 Wochen nach der Verletzung wegen starker eitriger Sekretion Amputation des Zeigefingers im Grundgelenk.

Da frühzeitig trophische Störungen auftraten, Verdacht auf Vorliegen einer Sudeckschen Atrophie, der durch die 1. Kontrollaufnahme beider Hände (7 Wochen nach der Verletzung) (Fig. 1) bestätigt wurde. Die Knochenepiphysen sehen verwaschen, scheckig aus. Spongiosa von unregelmäßig, aber scharf begrenzten Lücken durchsetzt, Spongiosazüge ineinander verschwommen, klumpig verdickt: akute Form der Sudeckschen Knochenatrophie. Die Wunde sezerniert zu dieser Zeit mäßig fort, ist gering entzündet. Sehr starke trophische Störungen der Weichteile: Haut livide verfärbt, zart, glatt. Nägel gerieft, bräunlich verfärbt. Kein Ödem. Sensibilität gesteigert. Finger fast völlig versteift, Bewegungsübungen sehr schmerzhaft. Muskulatur stark atrophisch. Therapie: keine Bewegungsübungen, Heißwasser-, Glühlichtbäder.

2. Kontrollbild beider Hände ($10^1/_2$ Wochen nach der Verletzung) (Fig. 2) zeigt deutliche Zunahme der Atrophie und Übergang in die chronische Form derselben. Spongiosa ist wieder reinlich gezeichnet, aber dünn, wenig schattengebend, gelichtet. — Wunde sezerniert noch mäßig, üppige Granulationen; trophische Störungen der Weichteile und Funktionsstörungen noch stark ausgesprochen.

3. Stereoskopische Röntgenaufnahmen ($12^1/_2$ Wochen nach der Verletzung) (Fig. 3). Geringe Zunahme der Atrophie beim Vergleich mit der vorherigen Aufnahme. — Wunde zur Zeit dieser Röntgenaufnahmen seit 2 Tagen vernarbt.

4. Einfaches Bild der Hand (15 Wochen nach der Verletzung) (Fig. 4). Der Schatten der Knochen ist wieder bedeutend intensiver und dichter geworden, die atrophische Aufhellung ist zurückgegangen. Auch die trophischen Störungen der Haut haben sich in den letzten Wochen gering gebessert, bedeutend dagegen die Beweglichkeit der Finger, so daß sie aktiv fast völlig gebeugt werden können. Patient wird als garnisondienstfähig entlassen und kommt mir außer Beobachtung.

Fall 2 (Tafel XXV, Fig. 5).

Gefreiter M. mußte 48 Stunden lang wegen Granatfeuers in einem nassen Granatloch verweilen und belastete dabei in hockender Stellung hauptsächlich das linke Bein. Bei der Aufnahme, 8 Tage hiernach, war der linke Fuß über dem Fußrücken mäßig geschwollen; Bewegungen im Sprunggelenk schmerzhaft. Aufstützen des Fußes ganz unmöglich. In der 1., 2. und 3. Zehe taubes Gefühl, Kribbeln; Sensibilität ebenda herabgesetzt. Es wurde Zirkulationsstörung und Nervenschädigung durch Feuchtigkeitseinwirkung und Belastung des Fußes angenommen. Therapie: Feuchte Verbände, Glühlicht- und Heißwasserbäder.

$11^1/_2$ Wochen nach Beginn der Erkrankung — ohne wesentliche Besserung des Zustandes — zeigen Kontrollaufnahmen beider Füße (Fig. 5) auf einer Platte die akute Form der Sudeckschen Atrophie am linken Fuß, fast die gleichen Charakteristika wie Fig. 1 aufweisend. Patient wurde kurz darauf dienstuntauglich entlassen.

Fall 3 (Tafel XXVI, Fig. 6, 7, 8).

Dem Wehrmann M. wurde durch Gewehrschuß das Köpfchen des Metakarpus und die proximale Hälfte des Grundgliedes des linken Ringfingers zersplittert. 20 Tage nach der Verwundung wurde wegen starker Eiterung der Ringfinger mit dem zugehörigen Mittelhandknochen entfernt. Es entwickelten sich bald an der Hand hochgradige trophische Störungen mit vollständiger Versteifung der Finger, trotz frühzeitig einsetzender Bewegungsübungen. $6^1/_2$ Wochen nach der Verwundung weist nun das 1. einfache Röntgenbild der Hand (Fig. 6) die Zeichen einer Sudeckschen Knochenatrophie auf: Geringe, aber deutliche Aufhellung der Schatten. Das Bild der Knochen ist noch reinlich gezeichnet, nicht verwaschen, Spongiosastruktur scharf.

13 Wochen nach der Verwundung 2. Röntgenaufnahme (einfaches sowie Kontrollbild beider Hände): Aufhellung hat bedeutend zugenommen, die Spongiosazeichnung ist zwar reinlich, aber sehr dünn und spärlich. — Die Wunde hat bis zur Zeit dieser Aufnahme immer ziemlich stark sezerniert. Die Beweglichkeit der Finger hat sich nicht gebessert. Therapie: Keine Bewegungsübungen, Heißwasser- und Glühlichtbäder.

16 Wochen nach der Verwundung 3. Röntgenaufnahme (Kontrollbild beider Hände) (Fig. 7): Aufhellung hat nochmals bedeutend zugenommen; die Knochenschatten sind fast so durchsichtig wie Weichteile. Nur noch kleine Reste zarter, dünner Spongiosabälkchen sind zu sehen; erst bei Lupen-

betrachtung erkennt man, daß nirgends Spongiosagewebe völlig fehlt, vielmehr über die ganzen aufgehellten Knochenteile noch ein sehr zartes, engmaschiges, aber strukturloses Spongiosaschleiergewebe ausgebreitet ist. — Fistelwunde seit einigen Tagen verheilt. Beweglichkeit der Finger noch äußerst gering. Patient wurde dienstuntauglich entlassen.

Nachuntersuchung $8^1/_2$ Monate nach der Verwundung, 4. Röntgenaufnahme (Kontrollaufnahme beider Hände) (Fig. 8): Atrophische Aufhellung ist bedeutend zurückgegangen. Die Knochen der linken Hand sind nur mehr gering weniger schattengebend wie die der rechten. Die Spongiosastruktur ist links weitmaschiger als rechts, dafür sind die einzelnen Bälkchen dichter und kräftiger. — Auch die Beweglichkeit der Finger hat sich bedeutend gebessert. Sie können aktiv bis zu einem Abstand von 4 cm von der Hohlhand gebeugt werden. Die Kraft bei Händedruck hat sich in mäßigem Grade wieder eingestellt. Die Weichteile zeigen noch deutliche trophische Störungen (zarte, blasse Haut mit Bläschenbildung, leichtes Schwitzen). Muskulatur des ganzen Armes noch stark atrophisch.

Fall 4.

Sergeant W. wurde durch Gewehrschuß durch das linke Handgelenk verwundet. Die Wunden heilten primär. 6 Wochen nach der Verwundung wurde er im hiesigen Lazarett aufgenommen: Die Wunden auf der Beuge- und Streckseite des Handgelenks sind bei der Aufnahme vernarbt. Haut, Unterhautzellgewebe, Sehnen usw. der Hand zeigen ausgesprochene trophische Störungen. Die Finger und das Handgelenk sind fast völlig versteift; die Muskulatur ist stark atrophisch.

Die sofort angefertigte 1. Röntgenaufnahme (stereoskopische Röntgenbilder der Hand) zeigt durch spärliche Kallusbildung verknöcherte Frakturen der Handwurzelknochen. Alle übrigen Knochen der Hand sind deutlich aufgehellt. Spongiosastruktur bis auf kleine Reste in der Mitte der Epiphysen nicht mehr erkenntlich. Konturen der Knochen treten scharf hervor. Patient wurde kurz nach der Aufnahme dienstuntauglich entlassen.

Ich konnte 10 Monate nach der Verwundung den Patienten nachuntersuchen und eine 2. Röntgenaufnahme machen (Kontrollbild beider Hände): Die Spongiosa hat sich fast bis zur Normalen regeniert, so daß man ohne das Kontrollbild kaum etwas Pathologisches noch sehen kann. Erst beim Vergleich mit der gesunden Hand erkennt man, daß das Bild der rechten Hand im ganzen weniger schattentief ist, als das der linken. — Die trophischen Veränderungen der Weichteile zeigen nur eine geringe Besserung. Die Finger können aber bedeutend besser bewegt werden; sie sind bis zu einem Abstand von 6 cm von der Hohlhand aktiv und passiv zu beugen.

Fall 5 (Tafel XXVI, Fig. 9, 10).

Kriegsfreiwilliger G. wurde durch Schrapnellschuß am rechten Fuß verwundet, Splitterfraktur des Kalkaneus. 7 Monate nach der Verwundung wurde er hierher überwiesen. Es waren vorher verschiedentlich Knochensplitter aus der Wunde entfernt worden. — Bei der Aufnahme befand sich unterhalb des äußeren Knöchels eine kleine Fistelöffnung, die auf rauhen Knochen (Kalkaneus) führte.

Die gleich angefertigte 1. Röntgenaufnahme (Kontrollbild beider Füße von oben), 7 Monate nach der Verwundung, läßt eine bedeutende, gleichmäßige Aufhellung der Schatten sämtlicher Knochen des rechten Fußes erkennen. Die Struktur ist überall reinlich gezeichnet, zart und dünn; Lücken im Spongiosagewebe sind nicht zu sehen. Die Haut zeigt deutliche trophische Störungen. Belasten des Fußes völlig unmöglich.

Nach $5^1/_2$ Wochen 2. Röntgenaufnahme (stereoskopische Bilder seitlich vom Fuß): Die Aufhellung ist gegenüber dem 1. Bild bedeutend fortgeschritten, Kallusschatten am Kalkaneus ist nur sehr wenig zu sehen. Alle Knochen sind gleichmäßig bedeutend aufgehellt, was besonders im stereoskopischen Bilde sehr schön zum Ausdruck kommt. — Die Fistel sezernierte die ganze Zeit über gleichmäßig gering fort. Trophische Störungen der Haut sind stark ausgesprochen. Muskulatur sehr atrophisch: Umfang der Wade rechts 26, links 32 cm.

Nach weiteren 6 Wochen, in denen der Fuß in einer Schiene fixiert war, 3. Röntgenaufnahme (einfaches Bild seitlich vom Fuß) (Fig. 9) und Kontrollbild beider Füße von oben (Fig. 10): Weitere, bedeutende Zunahme der atrophischen Aufhellung. Es tritt keine Spongiosastruktur in den durchsichtigen Knochen mehr hervor. Nur bei Lupenbetrachtung erkennt man noch einen sehr feinen, engmaschigen, strukturlosen Spongiosaschleier. — Die Fistel hat gleichmäßig weiter sezerniert; lose, freie Knochensplitter waren nicht zu finden. Die Beweglichkeit und die Belastungsfähigkeit des Fußes hat sich in geringem Maße wieder eingestellt. Atrophie der Muskulatur ist die gleiche geblieben.

Fall 6.

Der 21 Jahre alte Bergmann P. erkrankte 4 Wochen vor der Aufnahme im Lazarett mit Schmerzen im rechten Fuß. Diese 4 Wochen war er zu Hause, wo er noch an 2 Stöcken umherging. — Bei der

lauf ich an einer Serie von in kurzen Zeitabständen aufgenommenen Röntgenogrammen genauer verfolgen konnte, näher eingehen.

Fall 1 (Tafel XXV, Fig. 1, 2, 3, 4).

Der Landsturmmann S. zog sich beim Holzsägen eine Verletzung des 1. Interphalangealgelenks am linken Zeigefinger zu. 4 Wochen nach der Verletzung wegen starker eitriger Sekretion Amputation des Zeigefingers im Grundgelenk.

Da frühzeitig trophische Störungen auftraten, Verdacht auf Vorliegen einer Sudeckschen Atrophie, der durch die 1. Kontrollaufnahme beider Hände (7 Wochen nach der Verletzung) (Fig. 1) bestätigt wurde. Die Knochenepiphysen sehen verwaschen, scheckig aus. Spongiosa von unregelmäßig, aber scharf begrenzten Lücken durchsetzt, Spongiosazüge ineinander verschwommen, klumpig verdickt: akute Form der Sudeckschen Knochenatrophie. Die Wunde sezerniert zu dieser Zeit mäßig fort, ist gering entzündet. Sehr starke trophische Störungen der Weichteile: Haut livide verfärbt, zart, glatt. Nägel gerieft, bräunlich verfärbt. Kein Ödem. Sensibilität gesteigert. Finger fast völlig versteift, Bewegungsübungen sehr schmerzhaft. Muskulatur stark atrophisch. Therapie: keine Bewegungsübungen, Heißwasser-, Glühlichtbäder.

2. Kontrollbild beider Hände ($10^1/_2$ Wochen nach der Verletzung) (Fig. 2) zeigt deutliche Zunahme der Atrophie und Übergang in die chronische Form derselben. Spongiosa ist wieder reinlich gezeichnet, aber dünn, wenig schattengebend, gelichtet. — Wunde sezerniert noch mäßig, üppige Granulationen; trophische Störungen der Weichteile und Funktionsstörungen noch stark ausgesprochen.

3. Stereoskopische Röntgenaufnahmen ($12^1/_2$ Wochen nach der Verletzung) (Fig. 3). Geringe Zunahme der Atrophie beim Vergleich mit der vorherigen Aufnahme. — Wunde zur Zeit dieser Röntgenaufnahmen seit 2 Tagen vernarbt.

4. Einfaches Bild der Hand (15 Wochen nach der Verletzung) (Fig. 4). Der Schatten der Knochen ist wieder bedeutend intensiver und dichter geworden, die atrophische Aufhellung ist zurückgegangen. Auch die trophischen Störungen der Haut haben sich in den letzten Wochen gering gebessert, bedeutend dagegen die Beweglichkeit der Finger, so daß sie aktiv fast völlig gebeugt werden können. Patient wird als garnisondienstfähig entlassen und kommt mir außer Beobachtung.

Fall 2 (Tafel XXV, Fig. 5).

Gefreiter M. mußte 48 Stunden lang wegen Granatfeuers in einem nassen Granatloch verweilen und belastete dabei in hockender Stellung hauptsächlich das linke Bein. Bei der Aufnahme, 8 Tage hiernach, war der linke Fuß über dem Fußrücken mäßig geschwollen; Bewegungen im Sprunggelenk schmerzhaft. Aufstützen des Fußes ganz unmöglich. In der 1., 2. und 3. Zehe taubes Gefühl, Kribbeln; Sensibilität ebenda herabgesetzt. Es wurde Zirkulationsstörung und Nervenschädigung durch Feuchtigkeitseinwirkung und Belastung des Fußes angenommen. Therapie: Feuchte Verbände, Glühlicht- und Heißwasserbäder.

$11^1/_2$ Wochen nach Beginn der Erkrankung — ohne wesentliche Besserung des Zustandes — zeigen Kontrollaufnahmen beider Füße (Fig. 5) auf einer Platte die akute Form der Sudeckschen Atrophie am linken Fuß, fast die gleichen Charakteristika wie Fig. 1 aufweisend. Patient wurde kurz darauf dienstuntauglich entlassen.

Fall 3 (Tafel XXVI, Fig. 6, 7, 8).

Dem Wehrmann M. wurde durch Gewehrschuß das Köpfchen des Metakarpus und die proximale Hälfte des Grundgliedes des linken Ringfingers zersplittert. 20 Tage nach der Verwundung wurde wegen starker Eiterung der Ringfinger mit dem zugehörigen Mittelhandknochen entfernt. Es entwickelten sich bald an der Hand hochgradige trophische Störungen mit vollständiger Versteifung der Finger, trotz frühzeitig einsetzender Bewegungsübungen. $6^1/_2$ Wochen nach der Verwundung weist nun das 1. einfache Röntgenbild der Hand (Fig. 6) die Zeichen einer Sudeckschen Knochenatrophie auf: Geringe, aber deutliche Aufhellung der Schatten. Das Bild der Knochen ist noch reinlich gezeichnet, nicht verwaschen, Spongiosastruktur scharf.

13 Wochen nach der Verwundung 2. Röntgenaufnahme (einfaches sowie Kontrollbild beider Hände): Aufhellung hat bedeutend zugenommen, die Spongiosazeichnung ist zwar reinlich, aber sehr dünn und spärlich. — Die Wunde hat bis zur Zeit dieser Aufnahme immer ziemlich stark sezerniert. Die Beweglichkeit der Finger hat sich nicht gebessert. Therapie: Keine Bewegungsübungen, Heißwasser- und Glühlichtbäder.

16 Wochen nach der Verwundung 3. Röntgenaufnahme (Kontrollbild beider Hände) (Fig. 7): Aufhellung hat nochmals bedeutend zugenommen; die Knochenschatten sind fast so durchsichtig wie Weichteile. Nur noch kleine Reste zarter, dünner Spongiosabälkchen sind zu sehen; erst bei Lupen-

betrachtung erkennt man, daß nirgends Spongiosagewebe völlig fehlt, vielmehr über die ganzen aufgehellten Knochenteile noch ein sehr zartes, engmaschiges, aber strukturloses Spongiosaschleiergewebe ausgebreitet ist. — Fistelwunde seit einigen Tagen verheilt. Beweglichkeit der Finger noch äußerst gering. Patient wurde dienstuntauglich entlassen.

Nachuntersuchung $8^1/_2$ Monate nach der Verwundung, 4. Röntgenaufnahme (Kontrollaufnahme beider Hände) (Fig. 8): Atrophische Aufhellung ist bedeutend zurückgegangen. Die Knochen der linken Hand sind nur mehr gering weniger schattengebend wie die der rechten. Die Spongiosastruktur ist links weitmaschiger als rechts, dafür sind die einzelnen Bälkchen dichter und kräftiger. — Auch die Beweglichkeit der Finger hat sich bedeutend gebessert. Sie können aktiv bis zu einem Abstand von 4 cm von der Hohlhand gebeugt werden. Die Kraft bei Händedruck hat sich in mäßigem Grade wieder eingestellt. Die Weichteile zeigen noch deutliche trophische Störungen (zarte, blasse Haut mit Bläschenbildung, leichtes Schwitzen). Muskulatur des ganzen Armes noch stark atrophisch.

Fall 4.

Sergeant W. wurde durch Gewehrschuß durch das linke Handgelenk verwundet. Die Wunden heilten primär. 6 Wochen nach der Verwundung wurde er im hiesigen Lazarett aufgenommen: Die Wunden auf der Beuge- und Streckseite des Handgelenks sind bei der Aufnahme vernarbt. Haut, Unterhautzellgewebe, Sehnen usw. der Hand zeigen ausgesprochene trophische Störungen. Die Finger und das Handgelenk sind fast völlig versteift; die Muskulatur ist stark atrophisch.

Die sofort angefertigte 1. Röntgenaufnahme (stereoskopische Röntgenbilder der Hand) zeigt durch spärliche Kallusbildung verknöcherte Frakturen der Handwurzelknochen. Alle übrigen Knochen der Hand sind deutlich aufgehellt. Spongiosastruktur bis auf kleine Reste in der Mitte der Epiphysen nicht mehr erkenntlich. Konturen der Knochen treten scharf hervor. Patient wurde kurz nach der Aufnahme dienstuntauglich entlassen.

Ich konnte 10 Monate nach der Verwundung den Patienten nachuntersuchen und eine 2. Röntgenaufnahme machen (Kontrollbild beider Hände): Die Spongiosa hat sich fast bis zur Normalen regeniert, so daß man ohne das Kontrollbild kaum etwas Pathologisches noch sehen kann. Erst beim Vergleich mit der gesunden Hand erkennt man, daß das Bild der rechten Hand im ganzen weniger schattentief ist, als das der linken. — Die trophischen Veränderungen der Weichteile zeigen nur eine geringe Besserung. Die Finger können aber bedeutend besser bewegt werden; sie sind bis zu einem Abstand von 6 cm von der Hohlhand aktiv und passiv zu beugen.

Fall 5 (Tafel XXVI, Fig. 9, 10).

Kriegsfreiwilliger G. wurde durch Schrapnellschuß am rechten Fuß verwundet, Splitterfraktur des Kalkaneus. 7 Monate nach der Verwundung wurde er hierher überwiesen. Es waren vorher verschiedentlich Knochensplitter aus der Wunde entfernt worden. — Bei der Aufnahme befand sich unterhalb des äußeren Knöchels eine kleine Fistelöffnung, die auf rauhen Knochen (Kalkaneus) führte.

Die gleich angefertigte 1. Röntgenaufnahme (Kontrollbild beider Füße von oben), 7 Monate nach der Verwundung, läßt eine bedeutende, gleichmäßige Aufhellung der Schatten sämtlicher Knochen des rechten Fußes erkennen. Die Struktur ist überall reinlich gezeichnet, zart und dünn; Lücken im Spongiosagewebe sind nicht zu sehen. Die Haut zeigt deutliche trophische Störungen. Belasten des Fußes völlig unmöglich.

Nach $5^1/_2$ Wochen 2. Röntgenaufnahme (stereoskopische Bilder seitlich vom Fuß): Die Aufhellung ist gegenüber dem 1. Bild bedeutend fortgeschritten, Kallusschatten am Kalkaneus ist nur sehr wenig zu sehen. Alle Knochen sind gleichmäßig bedeutend aufgehellt, was besonders im stereoskopischen Bilde sehr schön zum Ausdruck kommt. — Die Fistel sezernierte die ganze Zeit über gleichmäßig gering fort. Trophische Störungen der Haut sind stark ausgesprochen. Muskulatur sehr atrophisch: Umfang der Wade rechts 26, links 32 cm.

Nach weiteren 6 Wochen, in denen der Fuß in einer Schiene fixiert war, 3. Röntgenaufnahme (einfaches Bild seitlich vom Fuß) (Fig. 9) und Kontrollbild beider Füße von oben (Fig. 10): Weitere, bedeutende Zunahme der atrophischen Aufhellung. Es tritt keine Spongiosastruktur in den durchsichtigen Knochen mehr hervor. Nur bei Lupenbetrachtung erkennt man noch einen sehr feinen, engmaschigen, strukturlosen Spongiosaschleier. — Die Fistel hat gleichmäßig weiter sezerniert; lose, freie Knochensplitter waren nicht zu finden. Die Beweglichkeit und die Belastungsfähigkeit des Fußes hat sich in geringem Maße wieder eingestellt. Atrophie der Muskulatur ist die gleiche geblieben.

Fall 6.

Der 21 Jahre alte Bergmann P. erkrankte 4 Wochen vor der Aufnahme im Lazarett mit Schmerzen im rechten Fuß. Diese 4 Wochen war er zu Hause, wo er noch an 2 Stöcken umherging. — Bei der

Aufnahme zeigte sich bei dem blaß aussehenden, abgemagerten Manne am rechten Fuß kurz nach vorn vom äußern Knöchel eine ca. eigroße, teigige Schwellung (tuberkulöse Erkrankung der Fußwurzelknochen). Die Haut des Fußes war bläulich-weiß marmoriert; Beweglichkeit des Fußes gering eingeschränkt.

Die 1. Röntgenaufnahme (Fußwurzel seitlich), 6 Wochen nach der Erkrankung, zeigt eine sofort erkennbare, gleichmäßige Aufhellung sämtlicher Knochen. Die Strukturzeichnung ist aber reinlich, nicht verwaschen, zart und dünn. Eine gleichzeitige Röntgenaufnahme des Fußes von oben weist den gleichen Befund auch an den vorderen Fußknochen auf; auch die Diaphysen sind schon stark aufgehellt. Nach 10 Tagen Spaltung eines kleinen kalten Abszesses an der erkrankten Stelle. Kurz darauf Auskratzung von fungösen Granulationsmassen und nekrotischen Knochenteilen.

Die 2. Röntgenaufnahme (Kontrollbild beider Füße auf einer Platte), $10^1/_2$ Wochen nach Beginn der Erkrankung, zeigt gegenüber der 1. Aufnahme eine deutliche Zunahme der Aufhellung. Die Spongiosastruktur ist äußerst zart und kaum mehr zu erkennen. Die Eiterung aus der mit schwammigen Granulationsmassen angefüllten Wunde hielt gleichmäßig an.

Die 3. Röntgenaufnahme (Fußwurzel seitlich), $14^1/_2$ Wochen nach Beginn der Erkrankung angefertigt: der hohe Grad der Aufhellung kommt besonders beim Vergleich des Knochenschattens mit dem der Weichteile zum Ausdruck. Eine regelrechte Struktur ist nicht mehr erkennbar; nur ein gleichmäßiger, äußerst feiner Spongiosaschleier in sämtlichen Knochen ist noch zu sehen.

Sofort nach dieser Röntgenaufnahme wurde der Fuß im Unterschenkel amputiert. Auf das Resultat der anatomischen Untersuchung werde ich später noch zurückkommen.

Die Mehrzahl dieser Fälle bietet für die jetzige Kriegszeit insofern ein großes Interesse, als bei ihnen die Sudecksche Knochenatrophie im Anschluß an Schußverletzungen der Knochen bzw. Gelenke aufgetreten ist. Bei einigen Fällen war der Wundverlauf nicht ohne Komplikationen — Infektion, Erkrankung der Knochen, Sequesterbildung mit Fisteleiterung —; bei einer Schußverletzung (Fall 4) war glatter Heilungsverlauf erfolgt. Für die übrigen Fälle kommen die von Sudeck angegebenen ätiologischen Erkrankungen in Betracht: Traumen resp. akute wie chronische (Tbc., Lues) Entzündungen der Knochen oder der Gelenke. Nach entzündlichen Affektionen der Gelenke wird die Atrophie am häufigsten beobachtet (Sudeck). Die ursächliche Erkrankung braucht nun aber, wie wir z. B. an Fall 1 sehen, nur eine ganz geringe und absolut lokal beschränkte zu sein, um doch eine schwere, ausgebreitete Sudecksche Atrophie im Gefolge haben zu können. Nach einfachen Weichteilaffektionen sieht man nur sehr selten die Knochenatrophie auftreten, und auch in diesen seltenen Fällen ist immer eine schwerere Nervenschädigung vorhanden. Aus diesen Erfahrungen heraus wird man zu der Schlußfolgerung gedrängt, daß nur eine Affektion der Knochen oder Gelenke selbst, bzw. — bei den Fällen mit bloßen Weichteilerkrankungen — ihrer sensiblen Nerven, eine trophische Erkrankung des Knochens auslösen kann.

Nicht bei allen diesen Affektionen tritt nun aber eine Sudecksche Atrophie als Folgeerkrankung auf, sondern nur bei einer relativ kleinen Anzahl von Fällen; es muß also ohne Zweifel noch ein besonderes auslösendes noch unbekanntes Moment hinzukommen, damit eine Knochenatrophie überhaupt entsteht.

Die eigentümliche Erscheinung, die auch bei allen unseren Fällen sich zeigt, daß die Knochenatrophie meistens nur an Hand oder Fuß beobachtet wird, führt Sudeck darauf zurück, daß diese mit ihren zahlreichen kleinen Gelenken für eitrige Gelenkaffektionen, die ja am häufigsten als ursächliche Erkrankungen in Betracht kommen, am meisten disponiert sind; außerdem seien Veränderungen an den kleinen Knochen dieser Extremitätenteile rascher und deutlicher im Röntgenbild der Beobachtung zugänglich als an größeren Knochen.

Bei der Betrachtung der Röntgenbilder fällt uns als gemeinsames Hauptcharakteristikum eine Aufhellung der Knochenschatten auf, die aber bei den langen Knochen meist nur auf die Epiphysen beschränkt ist, während die Diaphysen normalen Schatten geben. Die Aufhellung entgeht jedoch im einfachen Röntgenbild dem Beobachter leicht, weil sie nicht mit Veränderungen der äußern Form des Knochens verbunden ist; erst wenn man das Bild der normalen Seite zum Vergleich heranzieht — um jeglichen Fehler auszuschalten nimmt man beide Seiten auf einer Platte auf —, fällt sofort der deutliche Unterschied in der Schattengebung bei beiden Bildern in die Augen. Daher ist oft die typische Aufhellung infolge

Sudeckscher Atrophie bei Röntgenbildern, die aus anderen Gründen veröffentlicht wurden, von den betreffenden Autoren nicht bemerkt und erwähnt worden, wie Kienböck bei der speziell zu diesem Zweck vorgenommenen Durchsicht der Röntgenbilder in der Literatur gefunden hat. Wenn man sich aber das Typische der Sudeckschen Atrophie an einigen Vergleichsaufnahmen einmal klar gemacht hat, kann auch an einfachen Bildern das Vorhandensein einer Knochenatrophie nicht mehr übersehen werden.

Bei genauer Betrachtung der Röntgenbilder unserer Fälle sehen wir, daß die Aufhellung in verschiedenen Formen auftritt; und zwar ist bei den frühzeitig nach Beginn der ursächlichen Erkrankung aufgenommenen Röntgenogrammen, mit den ersten deutlichen Zeichen einer Sudeckschen Atrophie, diese Aufhellung eine ungleichmäßige, scheckige; das ganze Bild hat ein undeutliches, verschwommenes Aussehen. Wir haben hier das „akute Stadium“ der Sudeckschen Knochenatrophie vor uns.

Hat die Atrophie schon längere Zeit bestanden, so kommt in den späteren Aufnahmen die klare „reinliche“, aber bedeutend aufgehellte Zeichnung (Kienböck) wieder zum Vorschein; das Verwaschene, Scheckige der ersten Bilder ist wieder verschwunden, die Atrophie ist in das „chronische Stadium“ übergetreten.

Die Röntgenphotos unserer Fälle 1 (Fig. 1, 2) und 2 (Fig. 5), auf denen das akute Stadium der Atrophie zu erkennen ist, zeigen genau das gleiche Bild: Der Schatten des erkrankten Knochens erscheint verschwommen, als schwebe ein Nebel über dem Ganzen. Die Struktur ist unscharf, verwaschen, wie geklext. — Bei näherer Betrachtung eines einzelnen Knochenteils, z. B. des Köpfchens eines Metatarsus oder Metakarpus, sieht man die Spongiosa von unregelmäßig begrenzten, „lochartigen“ (Sudeck) Lücken verschiedener Größe durchsetzt. Die noch bestehenden Spongiosabälkchen zeigen nicht mehr die deutliche, schöne Strukturzeichnung, sondern erscheinen ineinander verschwommen, klumpig verdickt, und geben einen unscharfen Schatten. Wo diese Lücken in der Spongiosa an die Kortikalis heranreichen, ist auch letztere aufgehellt, so daß an diesen Stellen die Knochen sowohl gegen die Weichteile, als auch gegeneinander selbst unscharf abgegrenzt sind. Dadurch wird das Bild der Hand- und Fußwurzel an der kranken Seite verwischt, und die Zeichnung der Gelenkspalten, die an der normalen Seite infolge der scharfen, schattenreichen Konturen der Knochen so deutlich hervortreten, ist an der erkrankten Seite an vielen Stellen undeutlich und verschwommen.

Dieser Befund ist die am frühesten im Röntgenbild nachgewiesene Veränderung bei der Sudeckschen Atrophie. Er kann meist 6—8 Wochen, nach Sudecks Beobachtung schon $4^1/_2$ Wochen nach Beginn der ursächlichen Schädigung im Röntgenbild zu erkennen sein. Aber ein derartig ausgesprochener Befund, der durch schon starke Veränderungen im Knochen bedingt sein muß, kann nicht dem Beginn der Sudeckschen Atrophie entsprechen; die Knochenveränderungen der früheren Zeit scheinen im Röntgenbild nicht sichtbar zum Ausdruck zu kommen, wenigstens sind sie bis jetzt nicht gesehen worden. Dafür, daß das Bild 1 — mit ganz geringen Anzeichen der Atrophie — des Falles 3 (Fig. 6), bei dem sich auch im späteren Verlauf eine typische Sudecksche Erkrankung zeigte, als noch früheres Stadium der Atrophie anzusehen ist, spricht sehr viel. Wir sehen nämlich auf diesem Bilde, wo die Aufhellung noch sehr gering ist, an den dem Krankheitsherd entfernter liegenden Teilen, z. B. an dem Köpfchen des 2. Metakarpus und der Basis der 1. Phalanx des Zeigefingers, die Spongiosastruktur zwar noch sehr deutlich und klar und nur erst sehr wenig aufgehellt; es sind dagegen überall zerstreut kleine, scharf aber unregelmäßig begrenzte, aufgehellte Flecken in der Spongiosa vorhanden, die wie ausgestanzte kleine Löcher sich ausnehmen. Das Verwaschene der Zeichnung, die klumpige Verdickung der Bälkchen (die Charakteristika des akuten Stadiums) sind aber noch nicht vorhanden.

Im Zeitpunkt des Beginns des akuten Stadiums kann bei den einzelnen Fällen eine große Verschiedenheit herrschen. Bei der einen Erkrankung zeigt sich die akute Form erst dann nach der ursächlichen Affektion, wenn in andern Fällen in der gleichen Zeit nach dieser

die Atrophie längst schon chronisch geworden ist. Dies scheint von der Art der ursächlichen Noxe abzuhängen: Ist diese sehr akut, und bewirkt sie einen starken Reizzustand, so tritt auch rasch und stark ausgesprochen die Sudecksche Atrophie auf; nimmt sie einen weniger akuten Verlauf, so kommt die Atrophie erst später zum Vorschein. Ist schließlich die Ursache eine exquisit chronische Erkrankung — wie z. B. Tuberkulose —, so fehlt zum Auftreten der akuten Form der Atrophie auch der akute Reiz, und es scheint mir deshalb nur die chronische Form der Sudeckschen Erkrankung bei Tuberkulose sich auszubilden, wie auch bei Fall 6; wenigstens wurden im Gefolge dieser chronischen Leiden meines Wissens die Charakteristika des akuten Stadiums noch nicht beobachtet. Demnach hängt es von der Art der ursprünglichen Affektion ab, wie schnell und in welcher Form die Sudecksche Atrophie sich ausbildet. Natürlich sind hier alle Übergänge und Variationen möglich.

Bleibt die primäre Erkrankung in ihrer Wirksamkeit bestehen, so geht das akute in das chronische Stadium der Atrophie über. Zwischen diesen beiden Formen scheint aber im Röntgenbild — z. B. an Fall 1, Bild 3 (Tafel XXV, Fig. 3) zu erkennen — ein Übergangsstadium zur Ausbildung zu kommen: Nur an einzelnen wenigen Stellen ist das Strukturbild wie im akuten Stadium noch verwaschen, während an anderen Partien die reinliche, aber stark aufgehellte Zeichnung wieder auftritt.

Dann erst erscheint die reine chronische Form (siehe Tafel XXV, Fig. 7, 9, 10): Das Verwaschene der Zeichnung ist ganz verschwunden, das Strukturbild ist wieder klar erkenntlich, reinlich gezeichnet, jedoch sind die Knochenbälkchen zarter und dünner als normal (Sudeck); die Aufhellung hat weiter zugenommen, so daß der Knochen hell und durchsichtig erscheint. — Man kann hierbei an den Röntgenbildern unserer Fälle einen für gewisse Knochenteile typischen, fast immer wieder anzutreffenden Bau der Struktur erkennen: Es liegt — z. B. bei den Köpfchen der Metatarsen oder Metakarpen — unter der Kortikalis, in der Randschicht des Spongiosagewebes, eine zusammenhängende Zone vollständiger Aufhellung, die durch Zusammenfließen der bei der akuten Form kleinen und zerstreut liegenden Lücken entstanden ist. In der Mitte des Köpfchens dagegen sieht man die mehr oder weniger zahlreichen Reste der scharf gezeichneten, aber dünnen und zarten Spongiosastruktur wie Inseln. — Die Konturen der Knochen, die beim akuten Stadium gar nicht hervortreten, an einzelnen Stellen sogar verschwinden, kommen hier ganz besonders deutlich und klar zu Gesicht. Die Knochen scheinen von einer sehr feinen, aber äußerst scharf und intensiv gezeichneten Linie umrissen. —

Schreitet die Atrophie infolge Fortbestehens der primären Erkrankung immer weiter vorwärts, so können schließlich auch die Reste der Spongiosa noch derart an Schatten verlieren, daß der ganze Knochen eine gleichmäßige hochgradige Aufhellung zeigt, wie Glas durchsichtig ist und kaum mehr Spongiosabälkchen aufzuweisen scheint. Betrachten wir aber diese Röntgenbilder mit einer Lupe, so sehen wir jetzt über den ganzen Knochen noch ein sehr dünnes und äußerst zartes, dabei aber ziemlich engmaschiges, ununterbrochenes, strukturloses Schleiernetz von Spongiosabälkchen ausgebreitet (Fig. 7, 10). — In diesen sehr schweren Fällen ist die Aufhellung nicht mehr auf die Epiphysen allein beschränkt geblieben, sondern hat sich auch auf die Diaphysen ausgebreitet, deren Kortikalis jetzt eine deutliche Zusammensetzung aus einzelnen Längsfasern zeigt.

Zur Erkennung gerade dieser sehr starken Grade der atrophischen Aufhellung haben uns im hiesigen Lazarett die stereoskopischen Röntgenaufnahmen wertvolle Dienste geleistet. Hauptsächlich bei Atrophie des Fußes sind stereoskopische Röntgenogramme der Fußwurzel sehr schön und nutzbringend. Das einfache, seitliche Bild der Fußwurzel zeigt uns nämlich nur den ganzen Schatten des Knochens und an manchen Stellen die mehrerer sich deckenden Knochen zusammen in einem starken undifferenzierten Gesamtschatten auf einer Ebene vereinigt. Beim Betrachten stereoskopischer Bilder dagegen sehen wir die einzelnen Knochen körperlich in ihrer ganzen Tiefe vor uns und den Gesamtschatten des Knochens, den das einfache Bild nur zeigt, auf die Dicke desselben verteilt. Daher können wir uns durch stereo-

skopische Aufnahmen eine viel genauere Vorstellung von dem wirklichen Grade der Aufhellung des Knochens verschaffen, und zwar erkennen wir so die Atrophie als viel intensiver und hochgradiger, als aus dem einfachen Bild zu schließen war.

Die Dauer der Sudeckschen Atrophie hängt, wie wir aus unseren Fällen ersehen können, ganz von der ursächlichen Erkrankung ab. Heilt diese frühzeitig aus, so kommt auch der atrophische Prozeß zum Stillstand, und es scheint eine vollständige Regeneration des normalen Spongiosastrukturbildes einzutreten. Bei ausgesprochen chronischen Fällen dagegen tritt eine zwar weitgehende, aber nicht vollständige Regeneration der normalen Struktur ein. Man kann auf Kontrollbildern dann noch immer Zeichen einer abgelaufenen Atrophie erkennen wie z. B. auf Fig. 8, Taf. XXVI: Der ganze Knochenschatten ist im Vergleich zur normalen Seite zwar nur noch eben merkbar aufgehellt; die Spongiosastruktur ist aber weitmaschiger, die einzelnen Bälkchen dafür kräftiger und dicker als die normalen der andern Seite, was nach Kienböck eine Kompensation für die Weitmaschigkeit darstellt (Roux „hypertrophierende Atrophie"). Diese dickere und kräftigere Form zeigen aber nur diejenigen Bälkchen, die im Knochen einen längsgerichteten Verlauf haben, im Gegensatz zu den quer verlaufenden Bälkchen, die dünner und weniger schattengebend sind. — Diese dem Reparationsstadium der akuten Knochenatrophie eigentümliche starke Ausbildung und Kräftigung einer Faserrichtung, und zwar der Längsfasern, kann man sehr deutlich an den Köpfchen der Metakarpen und Basen der Grundphalangen der Fig. 8, Tafel XXVI, erkennen.

Welche feineren **anatomischen Prozesse** im Knochen den eigentümlichen Veränderungen des Röntgenogrammes im akuten Stadium zugrunde liegen, konnte bis jetzt an anatomischen Präparaten noch nicht studiert werden. Kienböck sucht nun aus den Erscheinungen im Röntgenbild einen Rückschluß auf die mutmaßlichen Veränderungen, die im Knochen vorliegen müssen, zu ziehen. Er kommt zu der Ansicht, daß die Aufhellung des Knochenschattens durch die Porosität und oberflächlichen Arrosionen der Knochenbälkchen infolge ausgedehnter Resorption durch Howshipsche Lakunen und Volkmanns perforierende Kanäle bedingt sei; nicht ausschließen könne man auch das Vorliegen einer „Halisterese", der aber weniger Bedeutung zuzumessen sei. Schwerer zu erklären wäre, woher das Verschwommene des Bildes rührte. Es kämen hierbei folgende beiden Möglichkeiten in Betracht: Die verhältnismäßig grobkörnige photographische Platte vermag nicht alle kleinen und kleinsten Arrosionen der Knochenbälkchen gesondert aufzuzeichnen, es wird vielmehr durch diese gemeinsam das Bild der Knochenbälkchen nur unscharf abgegrenzt, verschwommen; ferner wäre es denkbar, daß die vielen Kalksalze, die bei einem solchen resorbierenden Prozesse in Menge gelöst in den Markräumen sich befinden, durch ihren geringen diffusen Schatten den Kontrast der Bälkchen gegen die Markräume, der ohnehin durch die Aufhellung der Bälkchen schon abgenommen hat, noch verringerten.

Die exquisit chronische Form der Sudeckschen Atrophie konnte Exner an durch Operation gewonnenen Knochen, in denen schon lange Zeit die atrophischen Prozesse bestanden hatten, anatomisch studieren. Er fand zunächst bei allen Knochen eine bemerkenswerte Gewichtsabnahme von 30 bis 67%. Mikroskopisch konstatierte er eine Abnahme der Zahl der Bälkchen; die noch vorhandenen waren dünner als die normalen. Die äußere Begrenzungsschicht des Knochens war bedeutend verschmälert, bei schwacher Vergrößerung an einzelnen Stellen überhaupt kaum zu sehen. Es lagen den restierenden Bälkchen Zellhaufen an, über deren Funktion — ob der Regeneration oder der Resorption dienend — Exner keine Entscheidung zu treffen wagt. — Bei Fall 6 konnte ich die 14 Wochen nach Beginn der primären Erkrankung durch die Amputation des Unterschenkels gewonnenen Knochen des Fußes, welche die chronische Form der Sudeckschen Atrophie im Röntgenbild gezeigt hatten, untersuchen:

Die Epiphysen der langen Knochen hatten eine auffallende Weichheit; sie konnten mit geringer Kraft leicht zusammengedrückt werden, während die Diaphysen noch eine be-

deutende Festigkeit aufwiesen. Das Mark war sehr dünnflüssig, gallertig und fettig degeneriert, von blaßrötlicher Farbe. Die unmittelbar der Innenfläche des Gelenkknorpels anliegende Grenzschicht des Knochens war gegen Durchschneiden sehr resistent und hart, obwohl kaum ca. $^1/_4$ mm dick, was durch den noch starken Kalkgehalt dieser Zone bedingt ist. Durch den scharfen Schatten, den diese sehr feine, aber harte Knochenzone im Röntgenbild werfen mußte, sind ohne Zweifel die oben erwähnten scharfen Konturen der Knochen verursacht. — Die mikroskopische Untersuchung dieser Knochen durch Prof. H. Chiari ergab eine stärkere Osteoporose mit Osteoklasten.

In den **Weichteilen** zeigen sich regelmäßig mehr oder minder hochgradige Veränderungen, die von jeher auf trophoneurotische Störungen zurückgeführt werden. Die Haut erhält eine bläulich-rote oder marmorierte Verfärbung, ist sehr zart, glatt und glänzend („glossy skin"). Ausgesprochene Hypertrichosis fehlt selten. Die Nägel zeigen eigentümliche Veränderungen: sie sind in der Längsrichtung gewölbt (ähnlich wie die Nägel bei Trommelschlägelfingern), gerieft und zeigen oft einen braunen Querstreifen durch die Mitte, der später zu einer allgemeinen, bräunlichen Verfärbung der Nägel sich ausbreitet. An der kranken Seite wachsen sie schneller. — Das Unterhautzellgewebe ist meist bedeutend atrophisch (Cassirer). Ödem ist in einzelnen Fällen sehr ausgesprochen und grenzt häufig an das „harte Ödem"; sehr oft fehlt es aber. Die Venen- und Sehnenzeichnung, die z. B. der normalen Hand das typische Relief verleiht, ist völlig verschwunden, so daß die Hand ein auffallend geschmeidiges, zartes Aussehen, ähnlich einer Wachshand, erhält. Die Sensibilität ist meist deutlich, besonders gegen Stich, gesteigert, was auf einen Reizzustand in der sensiblen Nervensphäre schließen läßt. —

Mit Regelmäßigkeit kann eine durch Differenz des Umfanges der betreffenden Extremitäten zu konstatierende Muskelatrophie nachgewiesen werden. Nach Sudeck zeigt sich dabei eine ganz bedeutende quantitative Herabsetzung der elektrischen Erregbarkeit gegen beide Ströme, die zum Teil so bedeutend ist, daß sie keineswegs der Abnahme des Muskelvolumens entspricht, ebenso wie auch die Herabsetzung der Kraft der Muskulatur nicht im Verhältnis zur Atrophie steht und ganz überraschend groß ist. Cassirer dagegen hat in den von ihm veröffentlichten exquisit chronischen Fällen absolut normale elektrische Erregbarkeit und nur mäßige, der starken Atrophie nicht gleichlaufende Schwäche der Muskulatur beobachtet; er führt deshalb die meßbare Atrophie der kranken Extremität zum größten Teil auf einen Schwund des Unterhautzellgewebes und des Zwischengewebes in der Muskulatur, nicht der Muskelfasern selbst zurück. — Mit den Angaben Cassirers würde der mikroskopische Befund an der exzidierten Muskulatur von trophisch erkrankten Extremitäten übereinstimmen; denn man findet meist keine Zeichen von Atrophie der Muskelfasern. So konnten z. B. auch bei Fall 6 in der Muskulatur des Unterschenkels keinerlei pathologische Veränderungen im histologischen Bilde konstatiert werden. Die starke Herabsetzung der Kraft ist aber, wie ich glaube, nicht allein auf Muskelschwäche zurückzuführen, sondern die Muskelkraft kann in den meisten Fällen nicht zur Wirkung gelangen wegen der oft hochgradigen Beeinträchtigung und Erschwerung der Funktionen infolge trophischer Erkrankungen der Sehnen, Sehnenscheiden und Gelenkkapseln; durch diese sind auch die auffallende Schmerzhaftigkeit und der federnde Widerstand in den Weichteilen bei Bewegungsversuchen verursacht (Fall 1, 3, 4), weshalb es auch meist unmöglich ist, die Versteifung der Glieder durch methodische Bewegungsübungen zu verhüten bzw. zu bessern.

Aus alldem ersehen wir also, daß mit radiographisch nachweisbaren, trophischen Veränderungen der Knochen auch ausgeprägte und oft sehr hochgradig werdende Ernährungsstörungen sämtlicher Weichteile auftreten; sie sind zwar in den verschiedensten Kombinationen und in verschiedener Stärke, aber bei den typischen Fällen fast konstant und gleichmäßig vorhanden. Es ist daher ohne weiteres klar, daß das Auftreten dieser trophischen Störungen in den Weichteilen bei der Sudeckschen Atrophie kein zufälliges sein kann; Sudeck hebt hervor, daß man beim Antreffen derselben schon aus dem klinischen Bild auf das Vorhandensein

einer Knochenatrophie mit größter Wahrscheinlichkeit schließen kann und dies im Röntgenbild meist auch bestätigt findet. Es kann demnach, wie Sudeck anführt, keinem Zweifel unterliegen, daß die pathologischen Veränderungen der Haut, Muskulatur usw. ebenso wie die der Knochen als ein zusammengehöriges Krankheitsbild zu betrachten sind, wie wir dies in den in der Literatur veröffentlichten und auch in unsern Fällen immer wieder erkennen.

Die eigentliche **Ursache** für das Auftreten dieser Erscheinungen müssen wir zweifellos in der primären Erkrankung, in deren Gefolge die Sudecksche Atrophie auftritt, suchen. Auf welche Weise werden aber diese sekundären Störungen durch die primäre Affektion verursacht? In seiner ersten Veröffentlichung glaubte Sudeck noch, eine Fortleitung der entzündlichen Prozesse der primären Affektion auf die Knochen annehmen zu müssen. Er *ließ aber* bald diese Ansicht fallen, da das Auftreten der Atrophie in Knochen, die vom ursprünglichen Erkrankungsherd weit entfernt lagen, eine derartige Ätiologie nicht zuließ. Inaktivität konnte durch die Autoren (Kienböck, Sudeck) aus später noch zu erwähnenden Gründen ausgeschlossen werden. Sudeck u. a. kamen nun besonders aus der Beobachtung, daß viele Fälle akuter Knochenatrophie eine große Gleichartigkeit mit der arthritischen Muskelatrophie zeigen, zu der Ansicht, daß es sich ebenso wie bei dieser um reflektorische, trophoneurotische Störungen handeln müsse. Die meisten späteren Autoren (Kienböck, Goldscheider, Cassirer) traten dieser Auffassung Sudecks bei; besonders Cassirer betont nochmals die sehr weitgehenden Analogien zwischen unserer Knochenatrophie und der arthritischen Muskelatrophie.

Die Entstehung dieser letzteren ist nun nach Vulpian-Pagets Theorie folgendermaßen zu erklären:

Der Reiz der Gelenkaffektion pflanzt sich durch die sensiblen Nerven zentralwärts auf die trophischen Zentren (Spinalganglien) fort und bedingt hier eine derartige Abschwächung der normalen Funktion dieser, daß in den von ihnen abhängigen Gebieten die Muskelatrophie auftritt.

Diese Theorie, die also auch für die Sudecksche Atrophie zu gelten hätte, wurde durch zahlreiche Experimente Raymonds und Hoffas an Tieren unterstützt und war bis heute fast allgemein anerkannt.

Eine erweiterte und viel genauere Vorstellung von der Entstehung der akuten Knochenatrophie werden wir uns aber aus dem näheren Studium der Vorgänge bei derselben bilden können; ich möchte dies darlegen an der Hand des kurz skizzierten Krankheitsbildes, wie es uns in den typischen Fällen entgegentritt: Im Anschluß an eine nur ganz lokal bleibende Knochen- oder Gelenkaffektion treten sehr schnell in einem weit umliegenden Bezirk an der betreffenden Extremität ausgesprochene trophische Störungen der Weichteile und radiographisch nachweisbare trophische Veränderungen der Knochen auf; es zeigen sich dabei deutliche sensible Reizerscheinungen.

Von manchen wurde nun zunächst das Auftreten dieser Störungen durch Inaktivität erklärt: Die ursächliche Erkrankung bedinge eine Ruhigstellung und dadurch Inaktivitätsatrophie des erkrankten Extremitätenteils. Aber dem widersprechen alle Einzelheiten des Krankheitsbildes typischer Fälle: Die geringe lokale ursächliche Affektion macht überhaupt keine Ruhigstellung nötig, ja die Krankheit nimmt unter mediko-mechanischer Behandlung oft noch zu (Sudeck). Außerdem werden derartige trophische Störungen der Haut, des Unterhautzellgewebes allgemein nur auf trophoneurotische Einflüsse zurückgeführt; niemand würde es einfallen, sagt Sudeck, sie auf Inaktivität zu beziehen. Ein einfaches Moment wie die Inaktivität würde in allen Fällen in gleicher Weise sich geltend machen, während doch ohne Zweifel die meisten Affektionen nur verhältnismäßig selten akute Knochenatrophie im Gefolge haben, sonst glatt und ohne jegliche sekundäre trophische Störungen ausheilen. — In neuerer Zeit glaubt Brandes auf Grund der Ergebnisse seiner experimentellen Untersuchungen die Inaktivität für das Zustandekommen der Atrophie wieder annehmen zu müssen. Er konnte nämlich nach Durchschneidung der Achillessehne am Kalkaneus des Kaninchens schon frühzeitig und rasch (1 bis 2 Wochen nachher) eine deutliche Atrophie des Kalkaneus im Röntgenbild nachweisen. Durch

diese Experimente, die nach Brandes beweisen sollen, daß die Inaktivitätsatrophie der Knochen noch früher als die Sudecksche Atrophie auftrete, könnte aber nur das eine von Sudeck, Kienböck, Cassirer u. a. angeführte Argument — die akute Atrophie trete viel zu früh und zu rasch auf, als daß sie durch Inaktivität bedingt sein könne — entwertet werden. Dies sagt auch Brandes selbst in folgenden Worten: „Wir können nach unseren Erfahrungen nicht mehr anerkennen, daß ein Unterschied zwischen einer akuten, reflektorischen Atrophie und einer Inaktivitätsatrophie auf Grund der zeitlichen Verhältnisse ist.“ Es werden also durch diese Experimente Brandes alle übrigen oben erwähnten Gründe, von denen schon jeder einzelne die Inaktivität als Ursache der akuten Knochenatrophie ausschließt, nicht berührt und bestehen zu Recht.

Ist mithin Inaktivität als Ursache der akuten Knochenatrophie auszuschließen und kommt auch, wie oben ausgeführt, eine Fortleitung der Entzündung außer Betracht, so ist als einziger Weg, auf dem die örtliche, primäre Affektion trophische Störungen in einem weit entfernten und ausgedehnten Gebiet überhaupt verursachen kann, nur folgender möglich: der pathologische Reiz, den die ursächliche Erkrankung auf die sensiblen Nerven ausübt, wird von diesen auf die trophischen Zentren, Spinalganglien, übertragen und beeinträchtigt diese derart, daß in den von ihnen auf dem Wege der zentrifugal leitenden Nerven versorgten Gebieten eine trophische Störung auftritt. — Nach Vulpians oben erwähnter Theorie würde diese Veränderung der Tätigkeit der trophischen Zentren in einer Abschwächung der normalen trophischen Funktion bestehen, die Atrophie also infolge Verminderung des normalen trophischen Reizes auftreten. Die Vorgänge, die sich im Knochen bei der Sudeckschen Atrophie abspielen müssen, sind aber ohne Zweifel nicht einfach durch Abschwächung der trophischen Reize auf das Knochengewebe zu erklären. Wenn man nämlich den ganzen Verlauf der Knochenatrophie vom Beginn der ursächlichen Erkrankung an, wie in unsern Fällen, auf Röntgenbildern, die in kurzen Zwischenräumen hintereinander aufgenommen wurden, verfolgt und die unglaublich rasch eintretenden, das ganze Bild des Knochengewebes verändernden atrophischen Prozesse sich so vor Augen führt, erhellt folgendes: Ein derartig kompaktes, widerstandsfähiges „totes Gewebe“ (Cassirer), wie das Knochengewebe, kann nicht in derartig rapider Weise abgebaut werden auf bloße Abschwächung eines trophischen Reizes hin; sondern es ist klar, daß hier kontinuierlich wirkende Reize abbauende Prozesse einleiten und zu großer Intensität anregen müssen. Danach müssen wir uns also vorstellen, daß durch die von der Peripherie herstammenden Reize die trophischen Zentren derart umgestimmt werden, daß sie nicht mehr die normalen, positiven, trophischen, sondern pathologische, negative, atrophische Reize auslösen, die auch den negativen, destruierenden Prozeß, den Abbau, im Knochen einleiten, anregen und beschleunigen. —

Da aber auch, wie ich oben ausführte, die Erscheinungen an den Knochen und den Weichteilen als genetisch absolut gleichwertig zu erachten sind, müssen wir diese für die Atrophie des Knochens geltende Genese auch für die Entstehung der Veränderungen an Haut, Unterhautzellgewebe, Muskulatur und Gelenken annehmen.

Zusammenfassend müssen wir also die Sudecksche Atrophie als reflektorisch-trophoneurotisch entstandene Erkrankung auffassen und der allgemeinen, besonders von Cassirer eingehend beschriebenen Krankheitsgruppe der „Reflektorischen Trophoneurosen“ als ein reines, typisches und wichtiges Glied zurechnen. Aus der Analyse des Krankheitsbildes der Knochenatrophie kamen wir zu der noch präziseren Auffassung, daß alle Erscheinungen dieser Erkrankung durch pathologische Reizwirkungen der von der Peripherie aus umgestimmten trophischen Zentren entstanden sein müssen. In dieser aus der speziellen Erkrankung der Sudeckschen Atrophie sich ergebenden Genese finden wir eine wichtige Stütze für folgenden von Cassirer aus dem Studium von Krankheitsbildern mit vasomotorischen und trophischen Symptomen gewonnenen allgemeinen Erfahrungssatz: Es kommt eher eine pathologisch gestörte, denn eine aufgehobene Innervation für die Entstehung trophischer Störungen in Frage.

Ob und in welcher Weise durch diese resorbierenden Vorgänge bei der Sudeckschen Atrophie **appositionelle Prozesse** im kranken Knochen beeinträchtigt, eventuell ganz behindert werden, darüber sind noch keine Untersuchungen bekannt. Ich denke hier vor allem an die Verzögerung der Kallusbildung. Bei andern Knochenerkrankungen (z. B. Rachitis, Osteomalazie) und besonders bei der neurotischen Knochenatrophie infolge von Affektionen des Zentralnervensystems ist bei Frakturen die Kallusbildung oft gering oder fehlt völlig, so daß häufig Pseudarthrosen auftreten. Es ist daher nicht von der Hand zu weisen, daß auch bei der Sudeckschen Atrophie pathologische Veränderungen der Knochenneubildung auftreten, mag es bloß mangelnde Verknöcherung des fibrösen Kallus oder überhaupt Fehlen jeglicher Kallusbildung sein. — Über diese Fragen findet man in der Literatur über die Sudecksche Atrophie nur wenig; es sind zwar ein paar Fälle von Knochenatrophie mit gleichzeitigem Bestehen einer Pseudarthrose erwähnt worden (Sudeck, Kienböck, Exner), aber es wird auf sie nicht näher eingegangen. Diese Fälle können zur Beantwortung vorerwähnter Fragen auch deshalb nicht herangezogen werden, weil erst lange Zeit (8—12 Monate) nach der Entstehung der Fraktur eine Sudecksche Atrophie nachgewiesen wurde, so daß man nicht beurteilen kann, ob die Atrophie schon früher als die Pseudarthrose bestand und daher als Ursache für die Letztere in Betracht zu ziehen ist. Ich beobachtete hier folgenden Fall, der in dieser Beziehung mir ein größeres Interesse zu beanspruchen scheint:

Der 50 Jahre alte Bergmann B. M. erlitt am 17. Nov. 1915 eine subkutane Unterschenkelfraktur kurz oberhalb des Sprunggelenks. Es bestand eine geringe Dislocatio ad latus des untern Tibiabruchstückes. Patient lag zunächst 18 Tage (bis 3. Dez.) im Streck-, dann 5 Wochen im Gipsverband. Nach Abnahme desselben, 8 Wochen nach dem Unfall, zeigte sich noch eine vollständig freie Beweglichkeit an der Frakturstelle, Kallus war nicht zu fühlen. Da auch auffallende Schmerzen bei Bewegungsübungen und trophische Störungen der Haut auftraten, wurde das Vorliegen einer Sudeckschen Atrophie als Ursache aller Störungen in Betracht gezogen; in der Tat zeigten gleich angefertigte Röntgenbilder des Unterschenkels und des Fußes in ausgesprochener Weise die Erscheinungen des akuten Stadiums der Sudeckschen Knochenatrophie an den distalen Gelenkenden der Unterschenkel- und an den Fußwurzelknochen. Kallus war an den Frakturstellen nicht zu sehen.

Aus diesem einen Falle möchte ich keine allgemeinen Schlußfolgerungen ziehen; es wäre nötig, eine größere Anzahl ähnlicher Fälle von akuter Knochenatrophie mit Verzögerung der Kallusbildung genauer zu beobachten, was ohne Zweifel sowohl das Verständnis der Sudeckschen Atrophie als auch unsere Kenntnisse über die Ätiologie der Pseudarthrosenbildung sehr fördern und vertiefen würde.

Die absolute Abhängigkeit der Sudeckschen Knochenatrophie von der primären Ursache zeigt sich auch in der **Prognose.** Wenn die ursächliche Affektion frühzeitig ausheilt, ohne schwerere Atrophie im Gefolge zu haben, so scheinen, wie die Knochenveränderungen, auch die Affektionen der Weichteile und die Funktionsstörungen vollständig dem normalen Zustand in oft überraschend kurzer Zeit zu weichen. Bei den ganz chronischen Fällen dagegen mit hohen Graden der Knochenaufhellung tritt zwar eine fast völlige restitutio ad integrum des Knochens ein; an den Weichteilen aber bleiben fast durchweg trophische Störungen, wie leichtes Schwitzen der Hand, Bläschenbildung, rissige geriefte Nägel, noch sehr hartnäckig bestehen (Fall 3, 4). Die Funktionsstörungen bessern sich meist bedeutend, auch wenn sie hochgradig waren und schon lange bestanden hatten (Fall 3, 4). Dies ist bei der Prognosenstellung sehr zu beachten.

Für die **Therapie** gilt natürlich der Hauptgrundsatz, die ursächliche Erkrankung zu bekämpfen: Schaffung freier Wundverhältnisse, Entfernung sequestrierter und kranker Knochenteile bei Fisteleiterung, Bekämpfung des tuberkulösen Herdes usw. Weiterhin empfiehlt Sudeck zwecks Verhütung der Funktionsstörungen sehr frühzeitig mit passiven Bewegungsübungen zu beginnen. Aber abgesehen davon, daß man bei akuten Fällen meist wegen der starken Schmerz-

haftigkeit gezwungen ist, von Bewegungsversuchen abzusehen, ist wohl folgendes nicht außer acht zu lassen: Die Funktionsstörungen sind, wie oben schon angeführt, nicht auf „Einrostung" der Gelenke infolge Ruhigstellung zurückzuführen, sondern auf trophische Erkrankung der Sehnen und Gelenke. Ich glaube daher, daß man den allgemeinen Grundsatz, kranke Teile ruhig zu stellen, auch für die erkrankten Gelenke und Sehnen anwenden muß, besonders im akuten Stadium der Sudeckschen Atrophie. Hierfür spricht auch, was Sudeck an einer andern Stelle erwähnt, daß unter mediko-mechanischer Behandlung die Krankheit oft noch zunimmt. In spätern Stadien ist die Schmerzhaftigkeit meist nicht mehr so hochgradig, passive Bewegungsversuche daher leichter möglich, obwohl auch hier die Funktionsstörungen oft sehr hartnäckig bleiben. — Sudeck verspricht sich außerdem viel von der venösen Blutstauung, aus der Idee heraus, die Knochenbildung an den atrophischen Knochen zu fördern. Bei Atrophie am Fuße empfiehlt sich, jede Belastung, die ohnehin meist infolge Schmerzhaftigkeit unmöglich ist, eventuell durch Thomasschiene auszuschalten.

Die Diagnose ist nicht schwer zu stellen, wenn man immer bei selbst nur geringen trophischen Störungen an die Möglichkeit des Vorliegens einer akuten Knochenatrophie denkt und durch eine Vergleichsröntgenaufnahme sich Gewißheit verschafft.

Die hohe Wichtigkeit der Erkennung der Sudeckschen Atrophie, besonders auch für die Kriegsverletzungen der Extremitäten, ist aus allem Gesagten augenfällig; denn die Frage der Prognose der betreffenden Verwundungen, der Diensttauglichkeit, die Höhe der Rentenentschädigung wird durch das Hinzutreten dieser Erkrankung ausschlaggebend beeinflußt.

Aus der Städt. Frauenklinik Stuttgart (Direktor: Prof. Dr. K. Baisch).

Ergebnisse der Röntgenstrahlenanalyse.

Von

Dr. phil. **R. Glocker** und Dr. med. **W. Reusch.**

(Hierzu Tafel XXVII.)

Ausgehend von der Tatsache, daß zur richtigen Beurteilung der biologischen Wirkung von Röntgenstrahlungen die Kenntnis ihrer Zusammensetzung aus Strahlungsbestandteilen verschiedener Intensität und verschiedener Durchdringungsfähigkeit unbedingt erforderlich ist, hat der eine[1]) von uns vor Jahresfrist das Problem der Röntgenstrahlenmessung folgendermaßen formuliert:

1. Das heterogene Strahlengemisch muß in seine Bestandteile verschiedener Härtebezirke zerlegt werden;

2. die Intensitäten der einzelnen Bestandteile müssen voneinander getrennt zur Messung gelangen;

3. die Härtegrade dieser zur Intensitätsmessung gelangenden Strahlungsgruppen müssen gleichzeitig ermittelt werden.

Diese Leitsätze führten sodann zur Konstruktion eines Apparates, der mit Rücksicht auf seine Wirkungsweise Röntgenstrahlenanalysator genannt wurde. Zum besseren Verständnis der im folgenden beschriebenen Versuche möge das Prinzip des Analysators[2]) noch einmal kurz besprochen werden: Auf einer photographischen Platte werden die Intensitäten der Sekundärstrahlungen von fünf passend ausgewählten chemischen Stoffen, auf welche die zu untersuchende Röntgenstrahlung auftrifft, zur Registrierung gebracht, so daß fünf gleichgroße Felder ver-

[1]) Fortschritte XXIV, 2.

[2]) Eine Einführung in die Grundlagen der Strahlenanalyse unter besonderer Berücksichtigung ihrer Versuchstechnik findet sich in der Münchn. Med. Wochenschr. 1917.

schiedener Schwärzung auf der Platte entstehen. In welcher Weise dadurch den obigen drei Forderungen Genüge geleistet wird, wurde früher eingehend erörtert. In bezug auf die für die Praxis einfachste Form der Realisierung der zweiten Forderung ist noch folgendes ergänzend zu bemerken: Die zahlenmäßige Ermittlung dieser fünf Sekundärstrahlungsintensitäten ließe sich ohne weiteres mit Hilfe eines Ionisationsmeßinstrumentes durchführen. Da aber die zurzeit vorhandenen Instrumente dieser Art für diesen besonderen Zweck noch nicht genügend vervollkommnet sind, so wurde die photographische Platte als die einfachste Form eines Strahlungsreagens gewählt. Wie nun die Erfahrung gezeigt hat, genügt für viele praktische Zwecke schon eine qualitative Charakterisierung der Zusammensetzung der zu vergleichenden Röntgenstrahlungen, wie sie sich durch Vergleich der Schwärzungen entsprechender Felder auf den betreffenden Platten ergiebt. Voraussetzung ist hierbei gleiche Fokusdistanz des Analysators, gleiche Expositionszeit, gemeinsame Entwicklung. Es sind hierher alle diejenigen Fälle zu rechnen, bei denen die untersuchten Strahlungen nahezu gleiche Zusammensetzung besitzen, sowie ferner alle Fälle, bei denen es genügt zu wissen, ob überhaupt bei einer Strahlung die Intensitäten der einzelnen Strahlungsgruppen größer oder kleiner sind wie bei einer anderen Strahlung. Die restlose Erledigung des Problems der Strahlenanalyse fordert nun die zahlenmäßige Angabe, um wieviel größer bzw. kleiner die fünf Teilintensitäten der einen Strahlung sind als die entsprechenden der anderen Strahlung.

Zur Ermittlung von Zahlenwerten für das Intensitätsverhältnis jeder der fünf Strahlungsgruppen bei zwei zu analysierenden Röntgenstrahlungen bietet sich zunächst die Möglichkeit nach Art des Kienböckschen Dosimeters fünf verschiedene Schwärzungsskalen zum Ablesen anzufertigen. Abgesehen von der Umständlichkeit der Handhabung, würde aber die Einführung von Schwärzungsskalen für das Verfahren eine große Menge möglicher Meßfehler bedeuten, wie die mit den Kienböckstreifen gemachten Erfahrungen zeigen; außer einer für alle Zeiten unbedingt gleichen Sensibilität der photographischen Schicht müßte die Einhaltung eines ganz bestimmten Entwicklungsverfahrens bei stets gleicher Temperatur gefordert werden. Um aus der Schwärzungswirkung einer homogenen, aber verschieden intensiven Strahlung die Zahlenwerte dieser Intensitätsverhältnisse ableiten zu können, gibt es noch eine andere, wesentlich einfachere Methode. Durch entsprechende Bemessung der Expositionszeiten kann man Gleichheit der Schwärzung bei verschieden großer Intensität der betreffenden homogenen Strahlung erreichen. Das Verhältnis der Expositionszeiten liefert dann den Zahlenwert für das gesuchte Intensitätsverhältnis. Der Nachweis dafür, daß jede der fünf Sekundärstrahlungen, von denen die fünf verschiedenen Felder auf der photographischen Platte herrühren, als homogen betrachtet werden darf, findet sich in der früheren Arbeit. Nach den Untersuchungen von Kröncke[1]) ist für Röntgenstrahlen der Exponent im Schwarzschildschen Gesetz 1 oder nahezu 1, so daß die Größe der Schwärzung proportional ist dem Produkt aus Intensität und Zeit. Da bei der praktischen Verwendung des Analysators im allgemeinen Intensitätsverhältnisse zu messen sind, die nicht größer als 1 : 5 sind, so würde auch eine geringe Abweichung des Schwarzschildschen Exponenten vom Werte 1 einen Meßfehler bedingen, der für die praktischen Anwendungen des Apparates belanglos bleiben würde. Die Entwicklung der Platten ist beliebig; nur die Platten, die miteinander verglichen werden, müssen in gleicher Weise, d. h. am besten gleichzeitig entwickelt werden. Es wäre nun eine recht langwierige Aufgabe, wollte man in jedem einzelnen Fall diese fünf Intensitätsverhältnisse auf die eben beschriebene Weise zahlenmäßig ermitteln. Hier kommt der glückliche Umstand zu Hilfe, daß die Bedürfnisse der medizinischen Röntgenpraxis durch eine vereinfachte Lösung des Problems vollauf befriedigt werden. Wie schon früher erörtert, stellt die Röntgentherapie das Hauptanwendungsgebiet des Analysators dar; das Interesse des Therapeuten konzentriert sich aber auf die Frage nach dem Gehalt an sehr durchdringungsfähigen Strahlen einerseits

[1]) Annalen der Physik XLIII, S. 687 ff., 1914.

und dem an weichen Strahlen andererseits. Während die Intensität der ersteren für die Beurteilung der erzielten Tiefenwirkung maßgebend ist, bestimmt der mehr oder weniger große Zusatz der letzteren die Grenze der Dosis, die ohne Hautschädigung dem Patienten appliziert werden darf. Es handelt sich also nur noch darum, zahlenmäßig zu ermitteln, um wieviel stärker sind die sehr harten Strahlungskomponenten (von mehr als 6 mm Halbwertschicht in Aluminium) der Strahlung A als die der Strahlung B, wobei noch der gleichzeitige Gehalt an weichen Strahlungsbestandteilen zu bestimmen ist. Auf Grund dieser Überlegungen ergibt sich folgende praktische Regel:

Sind zwei Strahlungen (A und B) mit dem Analysator zu untersuchen, so fertige man in gleicher Weise und bei gleich langer Expositionsdauer zwei Platten an, aus denen sich zunächst qualitative Schlüsse über die Zusammensetzung der beiden Strahlungsgemische ziehen lassen. Angenommen die Strahlung B enthalte mehr harte Strahlungsanteile als die Strahlung A, so fertige man zur quantitativen Vergleichung von der Strahlung B nochmals eine und von der Strahlung A mehrere Platten an, wobei die Expositionszeiten der letzteren wie $1:1^1/_2$ bzw. $1:2$ bzw. $1:2^1/_2$ zu bemessen sind. Aus der Serie der Platten A wird dann diejenige ausgewählt, deren oberstes Feld an Schwärzung dem obersten Feld der Platte B am meisten gleichkommt. Sind auf Grund der vorhergegangenen qualitativen Vergleichung der Strahlungsgemische nur geringe Unterschiede in den Intensitäten der betreffenden Strahlungsgruppen zu erwarten, so ist es empfehlenswert, die Verhältnisse der Expositionszeiten noch etwas kleiner zu wählen, etwa $1:1^1/_3$ bzw. $1:1^2/_3$. Würde man z. B. finden, daß die doppelt so lang exponierte Platte der Serie A gleiche Schwärzung des obersten Feldes aufweist wie die Platte B, so würde dieser Befund besagen, daß die Intensität der sehr harten Strahlen, worunter nur solche von mehr als 6 mm Aluminium-Halbwert inbegriffen sind, bei der Strahlung B doppelt so groß ist als bei der Strahlung A; mit der ersteren würde man also schon in der halben Bestrahlungszeit die gleiche Tiefenwirkung erreichen. Aus diesen beiden Platten A und B (mit gleicher Schwärzung des obersten Feldes) ergibt sich durch eine Vergleichung der untersten Felder sodann, bei welcher Strahlung der Gehalt an weichen Strahlen größer ist. Wünscht man auch hier zahlenmäßig festzustellen, um wieviel stärker die weiche Strahlungsgruppe z. B. in der Strahlung A vorkommt als in der Strahlung B, so hat man, wie oben angegeben durch entsprechende Bemessung der Expositionszeiten gleiche Schwärzung des jeweils untersten Feldes zu erreichen; das Verhältnis der Expositionszeiten liefert dann wieder den Zahlenwert Z des gesuchten Intensitätsverhältnisses. Ist nun aus der Erfahrung bekannt, in wieviel Minuten mit der Strahlung A ein Erythem erzeugt wird, so liefert die Multiplikation dieses Zahlenwertes Z mit der Anzahl der Minuten einen Anhalt dafür, wie lange mit der Strahlung B ohne Hautschädigung bestrahlt werden darf.

Wenngleich der Therapiebetrieb aus der Benützung des Analysators den größten Vorteil ziehen wird, so ist die Verwendbarkeit des Apparates keineswegs beschränkt auf dieses Teilgebiet der medizinischen Röntgenologie. Auch die Röntgendiagnostik dürfte noch manche Anregung und Förderung erfahren durch die Möglichkeit, genau die Zusammensetzung der Strahlungen kennen zu lernen, die jeweils imstande sind, besondere Aufgaben der Diagnostik, besonders in der inneren Medizin, am besten zu lösen. Aus der Vielgestaltigkeit der technisch herstellbaren Röntgenstrahlengemischen und aus der Mannigfaltigkeit der von der medizinischen Röntgenologie verfolgten Ziele ergibt sich eine sehr große Anzahl von Einzelfragen, die auf dem Wege der Strahlungsanalyse ihre Beantwortung finden können. Aus dieser Menge der Aufgaben haben wir nun im folgenden einige herausgegriffen, welche uns gerade gegenwärtig im Vordergrund des Interesses zu stehen scheinen und deren Lösung wichtige praktische Konsequenzen nach sich zieht, nämlich

I. Wirkung verschiedener Filter.
II. Beeinflussung des Strahlengemisches durch Änderungen der Betriebsweise.
III. Prüfung des Bauerqualimeters.
IV. Vergleichung des Absorptionsverhaltens von Wasser und Aluminium.

I. Die Wirkung verschiedener Filter.

Zunächst möge das schon früher veröffentlichte Ergebnis des Vergleiches der Filterwirkung von $^1/_2$ mm Zink gegenüber der von 3 mm Aluminium wiederholt werden: In der doppelten Bestrahlungszeit erhält man unter dem 0,5 mm dicken Zinkfilter die gleiche Energie an sehr harten Strahlungsbestandteilen, während der gleichzeitige Gehalt an weichen Strahlen etwa viermal kleiner ist als bei der durch 3 mm Aluminium gefilterten Strahlung, d. h. mit anderen Worten: Beim Durchgang durch $^1/_2$ mm Zink erleiden die weichen Strahlen relativ zur Absorption der harten Strahlen eine größere Schwächung als beim Durchgang durch 3 mm Aluminium. Daß auch die sehr harten Strahlungskomponenten durch $^1/_2$ mm Zink etwas stärker geschwächt werden als durch 3 mm Aluminium, läßt sich aus dem Ergebnis der Strahlungsanalyse sofort entnehmen: es war die doppelte Expositionszeit erforderlich, um hinter $^1/_2$ mm Zink gleiche Energie der harten Strahlen zu erhalten wie hinter 3 mm Aluminium.

Es erhebt sich nun die Frage, ob bei einer Steigerung der Dicke des Aluminiumfilters sich nicht der gleiche günstige Filtereffekt erreichen läßt wie mit dem $^1/_2$ mm dicken Zinkfilter. Zur experimentellen Entscheidung dieser Frage wurden bei ganz konstanter Röhrenhärte (beurteilt aus dem Zeigerausschlag des Milliampèremeters) hintereinander mehrere Aufnahmen gemacht, wobei der vordere Schlitz des Analysators zuerst mit 0,5 mm Zink, sodann mit 10 mm bzw. 12 mm bzw. 14 mm Aluminium bedeckt wurde. Eine mehrmalige Wiederholung des Versuches ergab stets das gleiche Resultat: Bei einer Filterdicke von 13 mm Aluminium ist bei gleicher Expositionszeit die Schwärzung des obersten Feldes genau gleichgroß wie bei der durch $^1/_2$ mm Zink gefilterten Strahlung. Wie die Figuren 1 und 3 (Tafel XXVII) zeigen, sind aber auch die übrigen sich jeweils entsprechenden Felder auf den beiden Platten gleich stark, d. h.: Ein Filter von 13 mm Aluminium schwächt sowohl die harten, als auch die mittelharten und weichen Strahlungskomponenten genau in demselben Maße wie ein Filter von $^1/_2$ mm Zink; Aluminium und Zink liefern bei entsprechender Bemessung der Filterdicken gleichwertige Filter; das Verhältnis der äquivalenten Filterdicken beträgt etwa 1:26.

Da das $^1/_2$-mm-Zinkfilter infolge seiner geringeren Dicke wesentlich handlicher ist, dürfte es in der Praxis vorzuziehen sein; es ist jedoch peinlichste Vorsorge dafür zu tragen, daß die sehr weiche Eigenstrahlung des Zinks keine Hautschädigungen hervorruft. Wir legen daher unter das Zinkfilter noch ein Aluminiumblech von 1 mm Dicke, wodurch die Zinksekundärstrahlung auf etwa $^1/_{800}$% geschwächt wird. Bei Bestrahlungen aus kurzer Fokusdistanz mit unmittelbar der Haut anliegendem Filter empfiehlt es sich, außerdem noch zwischen Haut und Aluminium eine dünne Lage von Paragummi oder Leder einzuschalten.

Wir haben sodann die Wirkung der zu Beginn der Röntgenära häufig angewandten Stanniolfilterung untersucht. Ein Blick auf Fig. 4 und 5 genügt, um zu erkennen, welch verschiedenartige Veränderungen in der Strahlungszusammensetzung beim Passieren von 4 mm Aluminium (Fig. 5) und 0,16 mm Stanniol (Fig. 4) hervorgerufen werden. Man sieht sofort, daß das betreffende Stanniolfilter die mittelharten und harten Strahlen in viel stärkerem Maße absorbiert als ein Aluminiumfilter von 4 mm Dicke; besonders deutlich ist der Unterschied bei einer Vergleichung der Schwärzung des zweitobersten Feldes auf den beiden, gleichlang exponierten Platten. Das Verhältnis der Filterdicken (0,16:4) war so gewählt worden, daß die weichen Strahlungsbestandteile in beiden Filtern ungefähr gleichgroße Schwächung erfahren. Dafür, daß die Aluminiumfilterung die Zusammensetzung einer Strahlung in einer für die Therapie viel günstigeren Weise verändert, läßt sich noch ein zweiter Beweis erbringen: Um die Filterdicke experimentell zu bestimmen, die bei Aluminium erforderlich ist, damit die Intensität der sehr harten Strahlen ebenso stark geschwächt wird wie durch eine 0,16 mm dicke Stanniolschicht wurden bei gleicher Expositionsdauer mit einer ganz konstant gehaltenen Röhre mehrere Analysenaufnahmen gemacht, wobei der vordere Schlitz des Analysators mit 0,16 mm

Stanniol und hierauf mit Aluminiumfiltern wechselnder Dicke bedeckt wurde. Das Ergebnis dieses Versuches ist in Fig. 1 und 2 dargestellt: Gleichheit der Schwärzung des obersten Feldes, d. h. gleiche Intensität der sehr durchdringungsfähigen Strahlen (von mehr als 6 mm Halbwertschicht in Aluminium) ist dann vorhanden, wenn sich die Filterdicken Al:Sn wie 13:0,16 verhalten. Gleichzeitig ergibt die Vergleichung der übrigen Felder auf beiden Figuren, daß in der stanniolgefilterten Strahlung (Fig. 2) die weichen Strahlen in größerer Intensität vertreten sind, so daß bei ihrer therapeutischen Verwendung die Gefahr einer Hautschädigung erheblich größer ist als bei der in Fig. 1 analysierten Strahlung. Da also das Absorptionsverhalten des Aluminiums und des Stanniols (Zinn) gegenüber weichen Strahlen ein ganz anderes ist als gegenüber harten Strahlen, so ist es unmöglich, eine zu einem Stanniolfilter äquivalente Filterdicke für Aluminium zu bestimmen. Wie unsere Versuche zeigen, würde ein Aluminiumfilter etwa 25 mal so dick sein müssen wie ein Stanniolfilter, wenn es sich um die Absorption weicher Strahlen handelt, während seine Dicke etwa 80 mal so groß sein müßte wie die des Stanniolfilters, wenn die Filterwirkung in bezug auf die harten Strahlen in Betracht gezogen wird. Unsere Versuchsergebnisse sind in gutem Einklang mit den Resultaten der physikalischen Forschung, wonach Zinn im Gebiet der Strahlen von einigen Millimetern Aluminium-Halbwertschicht die typischen Eigenschaften einer selektiven Absorption aufweist. Gegenüber dieser Verschiedenartigkeit der Filterwirkung von Stanniol und Aluminium erscheint die obige Feststellung, daß Zink und Aluminium gleichwertige Filter darstellen, sobald äquivalente Dicken angewandt werden, um so bemerkenswerter.

II. Die Beeinflussung des Strahlengemisches durch Änderungen der Betriebsweise.

Es ist eine bekannte Erfahrungstatsache, daß die mittlere Härte der von einer Röntgenröhre ausgesandten Strahlung nicht bloß vom Gasgehalt der Röhre, sondern auch von der Betriebsweise abhängt. Die Wirkung der verschiedenen Faktoren, die man unter dem Begriff „Betriebsweise“ zusammenfassen kann, läßt sich in anschaulicher Weise mittels der von Janus und Voltz[1]) angegebenen rotierenden Glimmlichtröhre darstellen. Je nach Art des verwendeten Instrumentariums (Gleichrichter oder Induktor), je nach Art und Frequenz des Unterbrechungsvorganges usw. ist das Bild der so erhaltenen Stromkurven ein anderes. Unter gewissen, noch nicht völlig erforschten Voraussetzungen über den Zusammenhang zwischen Strom- und Spannungsverlauf lassen sich sodann aus der verschiedenartigen Gestalt dieser Stromkurven Rückschlüsse über die ungefähre Beschaffenheit der betreffenden Strahlungen ziehen. Der Analysator liefert nun die Möglichkeit einer direkten Untersuchung der Strahlungszusammensetzung, so daß durch Kombination beider Verfahren zweifellos wichtige Aufschlüsse über technische Fragen der Strahlungserzeugung erhalten werden können. Wie groß der Einfluß der Betriebsweise einer Röhre auf die Zusammensetzung des emittierten Strahlengemisches sein kann, wird der folgende Versuch zeigen:

Eine sehr konstante, ziemlich weiche Gundelachröhre wurde zuerst mit einem Induktor und Quecksilberunterbrecher, sodann mit dem gleichen Induktor und Wehneltunterbrecher betrieben. Die Belastungen betrugen 2,7 und 30 Milliampère. Die Expositionszeiten der unmittelbar nacheinander aufgenommenen Analysenplatten waren 55 Sekunden und 5 Sekunden, so daß das Produkt der Milliampère-Sekunden in beiden Fällen gleichgroß war. Ein Blick auf Fig. 10 und 12 läßt sofort die gewaltigen Unterschiede in der Strahlenzusammensetzung erkennen. Die benützte Sekundärstrahlerskala ist die gleiche, wie die in der früheren Arbeit[2]) beschriebene Skala; das oberste Feld entspricht hier dem zweitobersten Feld der Fig. 1—5, bzw. 13 und 14 (Tafel XXVII). Das beim Wehneltbetrieb unter gleichzeitiger Erhöhung der Be-

[1]) Phys. Zeitschr. 1915, Nr. 7 und Nr. 11.
[2]) Fortschritte XXIV, 2, Seite 97.

lastung erzielte Strahlengemisch (Fig. 12) enthält harte Strahlungskomponenten, die in der anderen Strahlung (Fig. 10) vollkommen fehlen. Besonders bemerkenswert ist die Tatsache, daß auch die Intensität der weichen und sehr weichen Strahlen im zweiten Fall sehr viel stärker ist, d. h. also: die Strahlungsausbeute sowohl im harten als auch im weichen Gebiet ist beim Wehneltbetrieb und hoher Belastung erheblich größer. Eine Vergleichung der unteren Felder von Fig. 12 und 11 ergibt nahezu gleichstarke Schwärzung; Fig. 11 stellt eine mit Quecksilberunterbrecher von der gleichen Röhre erhaltene Aufnahme dar, deren Expositionszeit 110 Sekunden bei 2,7 Milliampère betrug, so daß die Milliampère-Sekundenzahl doppelt so groß ist als bei den Aufnahmen Fig. 10 und 12. Die Wirkung der veränderten Betriebsweise läßt sich also dahin zusammenfassen: Bei Verwendung des Wehneltunterbrechers und Erhöhung der Belastung tritt nicht bloß eine Härtung des Strahlengemisches ein in der Art, daß neue Strahlungskomponenten größerer Durchdringungsfähigkeit auftreten, sondern es findet auch eine Verdoppelung der absoluten Intensität der sehr weichen und weichen Strahlungsgruppen statt. **Der Versuch liefert somit einen direkten Beweis für die Unzulässigkeit der Anschauung, die Zahl der Milliampèresekunden als ein Maß für die Strahlungsenergie zu betrachten.**

Die Einführung des siedenden Wassers als Kühlmittel der Antikathode an Stelle der bisherigen komplizierten Kühlmethoden mit durchströmendem, kaltem Wasser bedeutet zweifellos einen großen praktischen Fortschritt, insofern die **Müller**sche Siederöhren eine viel größere Härtekonstanz bei Dauerbetrieb bewahren. Es wäre nun denkbar, daß die Temperatur der Antikathode die Zusammensetzung des erzeugten Strahlengemisches in irgend einer Weise beeinflußt. Wir haben daher eine **Müller**sche Siederöhre mit eisgekühltem und mit siedendem Wasser betrieben und jeweils in gleicher Weise zwei Platten mit dem Analysator aufgenommen. Das eingeschaltete Aluminiumfilter war 3 mm dick; die Härtekonstanz wurde aus dem Stand des Milliampèremeters (bei gleicher Schaltung des Induktors) beurteilt. Bei heißer Antikathode scheint die Intensität der weichen Strahlen ein wenig größer zu sein als bei dem Kaltbetrieb, während die sehr harten Strahlen in beiden Fällen gleich stark vertreten sind; doch sind die Unterschiede so gering, daß sie für die Praxis ohne Bedeutung sein dürften. Wenn es sich um eine prinzipielle Entscheidung der **Frage des Temperatureinflusses der Antikathode** handelt, so ist es zweckmäßig zur Vergleichung eine mit siedendem Wasser und eine mit flüssiger Luft gekühlte Röhre zu benützen, damit die Temperaturunterschiede größer werden (1 : 4 statt 1 : 1,4 in unserem Versuch); wie bei allen gaskinetischen Vorgängen, ist nämlich das Verhältnis der absoluten Temperaturen (Nullpunkt bei -273^{0} Celsius) bei der Berechnung zugrunde zu legen.

Für die Beurteilung der Leistungsfähigkeit verschiedener Röhren in bezug auf die Anforderungen der Tiefentherapie sind folgende drei Gesichtspunkte zu unterscheiden:

1. **Zusammensetzung des Strahlengemisches;**
2. **Absolute Intensität der darin enthaltenen sehr harten Strahlen;**
3. **Härtekonstanz der Röhre bei Dauerbetrieb.**

Gerade der letztere Gesichtspunkt ist in der Praxis oft von ausschlaggebender Bedeutung; wir haben z. B. zwei Röhren verschiedenen Fabrikates mit dem Analysator untersucht und Gleichwertigkeit der Strahlungszusammensetzung sowohl, als auch der Strahlungsausbeute festgestellt; während nun die eine Röhre nach stark viertelstündigem Betrieb infolge Weichwerdens ausgewechselt werden mußte, erwies sich die andere bei mehrstündigem Dauerbetrieb als absolut konstant. — Die Härtekonstanz wird am einfachsten aus dem Milliampèremeter-Ausschlag beurteilt[1]), da das Bauerqualimeter bei den sehr harten Therapieröhren Härteänderungen nicht mehr richtig anzeigt. (Beweis hierfür im III. Kapitel.) Die für die Strahlungsausbeute im sehr harten Gebiet jeweils günstigste Betriebsweise jeder Röhre läßt sich leicht mit Hilfe des

---

[1]) Voraussetzung ist, daß der Sekundärstromkreis keine Ventilröhren enthält.

Analysators feststellen. Mitunter ist die Grenze der Leistungsfähigkeit nicht durch die Röhre, sondern durch das Instrumentarium bedingt; es ist daher jedem Therapeuten zu raten bei der Anschaffung neuer Röhrentypen sich auf die früher angegebene Weise (Seite 530) zu überzeugen, ob die mit seinem Röntgenapparat erzielbare Strahlung der Röhre wirklich einen Fortschritt gegenüber seinen bisherigen Strahlungen darstellt.

III. Prüfung des Bauerqualimeters.

Im Hinblick auf die weite Verbreitung dieses Instrumentes und mit Rücksicht auf die zum Teil sich widersprechenden Gutachten über die Brauchbarkeit seiner Angaben zur Beurteilung der Röhrenhärte ist eine Prüfung des Qualimeters durch Analysierung der Zusammensetzung der betreffenden Strahlungen, deren mittlere Härte der Zeigerausschlag des Instrumentes angeben soll, eine Untersuchung von größter praktischer Tragweite. Daß die Angaben des Qualimeters bei verschiedenen Röntgenapparaten infolge der Verschiedenartigkeit der Stromkurve und des Spannungsverlaufes an den Elektroden der Röntgenröhren nicht ohne weiteres vergleichbar sind, ist bekannt. Diese Tatsache ist insofern von geringer praktischer Bedeutung als das Qualimeter gegenwärtig fast ausschließlich (an einem Röntgenapparat fest angebracht) nur zur Härtemessung von solchen Röhren verwandt wird, welche mit diesem Apparat betrieben werden. Eine andere Frage ist es, ob der gleiche Zeigerausschlag des Qualimeters bei zwei verschiedenen Röhrentypen an ein und demselben Instrumentarium Gleichheit der Qualität der beiden erzeugten Strahlungen verbürgt. Zur Entscheidung dieser Frage wurden eine Gundelachröhre (I) und eine Wasserkühlröhre (II) unmittelbar nacheinander eingeschaltet und der Qualimeterausschlag bei annähernd gleicher Größe des Sekundärstroms abgelesen; es ergeben sich die Werte 4 und $3^3/_4$, so daß demnach die letztere Röhre eher etwas weicher erscheint. Ein anderes Kriterium von nicht zu unterschätzender Güte besitzen wir bekanntlich in der vom Milliampèremeter angezeigten Stromaufnahme der Röhre bei gleicher Schaltung des Apparates. Enthält der Sekundärstromkreis Ventilröhren, deren Vakuum und infolgedessen auch ihr elektrischer Widerstand sich im Laufe der Zeit ändert, so ist dieses Kriterium der Stromaufnahme nur dann ganz zuverlässig, wenn die zu prüfenden Röntgenröhren unmittelbar nacheinander eingeschaltet werden.

Bei einer gewissen Stellung der Widerstandskurbel im Primärkreis des Induktors betrug der Sekundärstrom bei der Röhre I 2,9 MA., bei der Röhre II 2,1 MA. Genau entgegengesetzt zu den Angaben des Bauerqualimeter erscheint jetzt die Röhre II als die härtere. Was ist nun richtig? Die von beiden Röhren unmittelbar nacheinander aufgenommenen Analysenplatten sind in Fig. 13 und 14 dargestellt. Die Expositionszeiten waren so bemessen, daß das Produkt aus Milliampère-Sekunden in beiden Fällen gleich groß war. Der Gehalt an mittelweichen und harten Strahlen (vgl. auf beiden Figuren die Schwärzung des mittleren und zweitobersten Feldes) ist bei der Röhre II entschieden größer als bei der Röhre I (Fig. 13). Betrachten wir die Zusammensetzung der von beiden Röhren emittierten Strahlungen, so müssen wir ohne Zweifel die Röhre II als die härtere bezeichnen. Während bei der Röhre II der dem obersten Feld (Fig. 14) entsprechende Sekundärstrahler noch angeregt wird, ist dies bei Röhre I nicht der Fall, d. h. das Spektrum des von der Röhre II emittierten Strahlengemisches erstreckt sich viel weiter in das Gebiet der kurzwelligen, sehr durchdringungsfähigen Strahlen. Die Tatsache, daß die Strahlung II ein viel ausgedehnteres Spektrum besitzt, läßt sich auch so ausdrücken: Die Heterogenität der Strahlung II ist größer als die der Strahlung I. Zugleich zeigt dieses Beispiel wieder auf das deutlichste, wie wenig der Begriff der mittleren Härte und die zu seiner Ermittlung geschaffenen Methoden über die wirkliche, qualitative Beschaffenheit einer Röntgenstrahlung auszusagen vermag.

Am meisten benützt wird das Qualimeter, um die Änderung der Härtekonstanz einer und derselben Röhre während des Betriebes anzuzeigen. Daß diese Funktion wenig-

stens von dem Instrument gut und zuverlässig ausgeführt werde, schien nach dem allgemeinen Urteil[1]) sicher gestellt zu sein. Da diese Art der Verwendung hauptsächlich im Tiefentherapiebetrieb sehr beliebt ist, haben wir eine alte, ziemlich harte Müllerröhre ausgewählt, die eine ausgeprägte Tendenz hatte, während des Betriebes zu härten. Bei einer Belastung von 2,6 MA. oszilliert der Zeiger des Qualimeters zwischen 9 und $9^1/_2$ Bauergrade. Es wird hierauf die in Fig. 6 abgebildete Platte im Analysator exponiert. — Die zu diesem Versuch benützte Sekundärstrahlerskala ist eine andere als die bisherige; das zweitoberste Feld entspricht jetzt dem obersten Feld bei den früheren Aufnahmen, wogegen das nunmehr oberste Feld erst auf Strahlungsbestandteile von mehr als 12 mm Aluminium-Halbwertschicht anspricht. — Nach einigen Minuten geht der Zeiger des Milliamperemeter auf 1,1 MA. zurück, ohne daß in der Zwischenzeit irgendeine Änderung am Apparat (Apexinstrumentarium) erfolgt war. Der Qualimeterausschlag schwankt jetzt zwischen 9 und $9^1/_4$, jedenfalls ist er nicht größer geworden. Nun wird eine zweite Platte (Fig. 7) ebenso lang wie die erste exponiert; in beiden Fällen befand sich zwischen Röhre und Analysator ein Aluminiumfilter von 3 mm Dicke. Ein Vergleich der Fig. 6 und 7 zeigt einmal, daß die Röhre bei der zweiten Betriebsart relativ mehr harte und ultraharte Strahlen aussendet. Überraschend ist das weitere Ergebnis, daß die im zweiten Strahlungsgemisch enthaltene Intensität der sehr harten Spektralbereiche auch absolut größer ist als bei der ersten Strahlung, obgleich die Belastung der Röhre im ersten Fall mehr als doppelt so groß war (2,6 MA. gegenüber 1,1 MA.). Bei der zweiten Betriebsweise der Röhre würde man also trotz geringerer Milliamperezahl in derselben Zeit eine wesentlich höhere Tiefendosis erreichen, ein Beweis dafür, daß eine Dosierungsmethode allein auf Grund der Milliamperezahlen und der Angaben des Bauerqualimeters zu ganz falschen Resultaten führt und daher unbedingt zu verwerfen ist. Hätte man sich in unserem Fall auf die Angaben des Qualimeters verlassen, so hätte man der ersten Strahlung wegen ihrer scheinbar größeren Strahlungsintensität (letztere beurteilt aus den Angaben des Milliamperemeter) für die therapeutisch wirksamere halten müssen.

Sucht man eine Erklärung für dieses merkwürdige Verhalten des Bauerqualimeters, so wird man vor allem an eine Störung durch die gerade bei harten Röhren häufig auftretenden Hochfrequenzschwingungen[2]) denken müssen; ferner ist die Empfindlichkeit des Instrumentes bei den Härtegraden 9 und 10 am kleinsten, weil die beweglichen Teile in diesem Gebiet eine Ablenkung von nahezu 90^0 erfahren. Sicher ist also jedenfalls, daß beim Gebrauch sehr harter Röhren, wie es z. B. in der modernen Tiefentherapie der Fall ist, das Bauerqualimeter nicht mehr imstande ist, die Härteänderung einer Röhre richtig anzuzeigen.

IV. Vergleichung des Absorptionsverhaltens von Wasser und Aluminium.

Historischer Überblick: Perthes[3]) hat in seiner grundlegenden Arbeit über die Durchlässigkeit der menschlichen Gewebe gegenüber Röntgenstrahlen festgestellt, daß die meisten menschlichen Gewebe gleiche Durchlässigkeit besitzen wie eine gleich dicke Schicht von Wasser; seine Versuche ergaben ferner, daß bei sehr weichen Röhren (3,5 cm Parallelfunkenstrecke) 1 cm Wasser ebensoviel Strahlung absorbiert wie 0,7 mm Aluminium, während bei härteren Röhren die äquivalente Aluminiumdicke etwa 1 mm beträgt. Von dieser Tatsache, daß bei Absorptionsuntersuchungen 1 cm Gewebschicht durch 1 mm Aluminium ersetzt werden darf, wurde in der Folgezeit sehr häufig Gebrauch gemacht, um an Aluminiumphantomen die Tiefenwirkung verschieden harter Strahlungen zu studieren (Gauß und Lembcke). Ferner wird bekanntlich bei dem Kienböck-Verfahren die Schwärzung des mit 10 mm Alu-

---

[1]) z. B. H. E. Schmidt: Taschenbuch der Röntgentherapie.
[2]) Klingelfuß, Strahlentherapie. III. 787.
[3]) Fortschritte. VIII, 12.

minium bedeckten Quantimeterstreifens als Maß für die 10 cm Wassertiefendosis angesehen. In der neueren Röntgenliteratur finden sich nun einige Angaben, wonach diese Perthessche Regel 1 cm Wasser = 1 mm Aluminium bei den außerordentlich durchdringungsfähigen Strahlungen der modernen Tiefentherapie nicht mehr gelten würde. So hat Christen[1]) experimentell ermittelt, daß bei einer durch 3 mm Aluminium filtrierten Strahlung (von 1,5 cm Halbwertschicht in Wasser) 1 mm Aluminium nur noch soviel absorbiert wie 0,75 cm Bakelit, wobei nach seinen Angaben das Absorptionsvermögen des Bakelit (eines synthetischen Harzes) mit dem des Wassers ziemlich genau übereinstimmt. Eine im Laboratorium von Dessauer entstandene physikalische Arbeit von Winawer[2]) enthält eine graphische Darstellung der Beziehung zwischen den Absorptionskoeffizienten von Aluminium und Wasser für sehr harte Röntgenstrahlen und für die γ-Strahlen des Radiums; aus der betreffenden Kurve, die bei der Annäherung an das Radiumgebiet eine starke Zunahme der Krümmung aufweist, ist ersichtlich, daß mit abnehmender Wellenlänge der Strahlen die Durchlässigkeit des Aluminiums stärker zunimmt als die des Wassers und zwar in besonders starkem Maße, wenn der mittlere Absorptionskoeffizient der Strahlung (in Aluminium) kleiner ist als 0,4.

Zur Untersuchung der Frage, ob das Absorptionsvermögen des Wassers ein anderes ist gegenüber sehr weichen, weichen, mittelweichen, harten und sehr harten Strahlen als das des Aluminiums, ist die Methode der Strahlenanalyse besonders gut geeignet, da auf den Analysenplatten die Schwächung dieser fünf Strahlungsgruppen nach Passieren der Wasser- oder Aluminiumschicht gleichzeitig und nebeneinander in Erscheinung tritt, so daß jedesmal nur die analogen Felder auf den Platten miteinander verglichen zu werden brauchen.

Bei vertikalem Strahlengang wurde auf die horizontal liegende Vorderseite des Analysators ein durch Ölfarbenanstrich wasserdicht gemachter Holzkasten (Außenmaße: Länge 15 cm, Breite 8 cm, Höhe 10 cm) so aufgesetzt, daß ein mit paraffiniertem Papier bedeckter $2{,}5 \times 12$ cm großer Ausschnitt genau über die $0{,}8 \times 10$ cm große Öffnung der Schlitzblende des Analysators zu liegen kam. Die genaue Messung der Dicke der Wasserschicht im Kasten erfolgte mittels eines Holzwinkels, dessen eine Schenkelkante auf dem Boden angelegt wurde, während an dem anderen Schenkel die Länge des durch das Wasser benetzten Teiles an einer Skala abgelesen wurde. Zunächst wurde der Kasten mit einer 4 cm dicken Schicht von destilliertem Wasser gefüllt; nach Beendigung der Exposition und Entleerung des Wassers wurde der Kasten wieder in seine alte Lage zurückgebracht und die Innenseite des Bodens mit 4 mm Aluminium bedeckt. Die Fokusdistanz des Analysators war 45 cm; die Expositionszeit betrug jedesmal $4^1/_2$ Minuten bei einer Belastung von 3 MA. Mittels Osmofernregenerierung konnte die Röhre bis auf 0,1 MA. Zeigerausschlag konstant gehalten werden. Die Röhre wurde ziemlich weich betrieben, damit auch die sehr weichen Strahlungsbestandteile, die eine besonders starke Schwächung in den absorbierenden Medien erleiden, in genügender Stärke auf den Analysenplatten vertreten sind. Das Ergebnis dieses Versuches ist in Fig. 8 und 9 dargestellt.

Während das unterste Feld der Fig. 8 etwas stärker geschwärzt ist als das entsprechende der Fig. 9, besitzen die zweituntersten Felder auf beiden Platten gleiche Intensität. Bei einer Betrachtung des Mittelfeldes erscheint dasjenige der Fig. 9 ein klein wenig dunkler — auf den Originalplatten treten diese Schwärzungsunterschiede noch etwas deutlicher hervor als auf den Reproduktionen. Ebenso zeigt das zweitoberste Feld der Fig. 9 eine größere Schwärzung als das der Fig. 8. Da die Röhre mittelweich betrieben wurde, fand eine Anregung des dem obersten Feld entsprechenden Sekundärstrahlers nicht statt; die hier benützte Sekundärstrahlerskala ist die gleiche wie die auf Seite 535 erwähnte, deren oberstes Feld also das Vorhandensein von Strahlungskomponenten mit mehr als 12 mm Aluminium Halbwertschicht anzeigen würde. Die Deutung dieser Schwärzungsvergleichung analoger Felder besagt, daß ein und

[1]) Fortschritte. XXIII, 225.

[2]) Physikalische Zeitschrift. 1915, 261.

dasselbe Strahlengemisch nach dem Durchgang durch 4 cm Wasser mehr weiche und weniger harte Strahlen enthält als nach dem Durchgang durch 4 mm Aluminium. Gleiche Schwächung erleidet in beiden Fällen nur die Strahlengruppe, die dem zweituntersten Feld entspricht und deren Härtegrad etwa 1 mm Halbwertschicht in Aluminium entspricht. Die strenge Gültigkeit der Perthesschen Regel 1 cm Wasser = 1 mm Aluminium erstreckt sich also nur auf Strahlen von diesem Härtegrad. Es ist ohne weiteres einleuchtend, daß der praktische Fehler unwesentlich ist, wenn man ihre Gültigkeit auch auf die Strahlungsgruppen benachbarter Härtegrade ausdehnt. Eine andere Frage ist es aber, ob die Abweichungen von dieser Regel im Gebiet der sehr harten Strahlen, wie sie heute in jedem Tiefentherapiebetrieb erzeugt werden, nicht schon so groß sind, daß sie auch in der Praxis nicht mehr vernachlässigt werden dürfen. Wir haben daher mit möglichst hart betriebenen Müllerschen Siederöhren mehrere Aufnahmen mit verschieden dicken Wasserschichten angefertigt und in der oben angegebenen Weise jeweils bestimmt, wie dick die Aluminiumschicht sein muß, damit die ultraharten Strahlungskomponenten in beiden Stoffen gleiche Schwächung erfahren, d. h. daß die Schwärzung des obersten Feldes in beiden Fällen gleich groß ist. Nach früheren Angaben kommen hierfür nur Strahlen in Betracht, deren Härtegrad mindestens 12 mm Aluminium-Halbwert beträgt. Da sich nun bei diesen Versuchen z. B. für eine 6 cm dicke Wasserschicht die äquivalente Aluminiumdicke zu 14 mm bestimmte, so ergibt sich folgendes Resultat: Gegenüber sehr harten Strahlen (von der eben angegebenen Mindesthärte) absorbiert Aluminium nur noch etwa viermal so stark wie Wasser, während es nach der Perthesschen Regel zehnmal so stark absorbieren müßte.

Im Hinblick auf die Ausführungen von Christen[1]), der kürzlich auf die Berücksichtigung der zerstreuten Strahlung bei der Beurteilung von Absorptionsversuchen hinwies, sei bemerkt, daß bei unseren Versuchen die Wirkung der zerstreuten Strahlung aus zwei Gründen vernachlässigt werden darf:

1. Die Intensität der von beiden absorbierenden Medien zerstreuten Strahlung ist ungefähr gleich groß, da die größere Dicke der Wasserschicht dadurch kompensiert wird, daß der Zerstreuungskoeffizient des Aluminiums etwa 2,7 mal so groß ist wie der des Wassers.

2. Von der gesamten Intensität der zerstreuten Strahlung kann nur ein sehr geringer Bruchteil in das Innere des Analysators gelangen, da im Abstand von $3\frac{1}{2}$ cm hintereinander zwei schlitzförmige Blenden von 0,8 cm Breite und 10 cm Länge angeordnet sind[2]).

Über eine genauere physikalische Auswertung unserer Versuchsergebnisse über das verschiedene Absorptionsverhalten von Wasser und Aluminium wird der eine von uns noch anderer Stelle berichten. Für die medizinische Röntgenpraxis läßt sich das Resultat unserer Untersuchungen in folgende Regel zusammenfassen: Bei mittelweichen Strahlen (von etwa 1 mm Halbwertschicht in Aluminium) absorbiert 1 cm Wasser ebenso stark wie 1 mm Aluminium; bei weichen Strahlen ist das Absorptionsvermögen von 1 cm Wasser größer, bei harten Strahlen kleiner als das von 1 mm Aluminium; bei den sehr harten Strahlungen der Tiefentherapie (von etwa 12 mm Aluminiumhalbwertschicht) absorbiert 1 cm Wasser ungefähr ebenso stark wie $2\frac{1}{2}$ mm Aluminium.

Um festzustellen, ob der Satz von der Gleichwertigkeit von Wasser und Muskulatur auch in bezug auf die Absorption sehr harter Strahlen seine Gültigkeit behält, haben wir die Absorptionswirkung einer aus einem Myom herausgeschnittenen 4 cm dicken Scheibe mit der einer gleichdicken Wasserschicht verglichen; die beiden Analysenplatten zeigen keine merklichen Unterschiede. Systematische Untersuchungen des Absorptionsverhaltens der verschiedenen Körpergewebe gegenüber Strahlen verschiedener Härte, wie sie mittels des Analysators leicht durchgeführt werden können, wären aus folgendem Grunde sehr erwünscht. Die

[1]) Strahlentherapie. VII. 452.
[2]) Fortschritte. XXIV. 95, Fig. 1.

Anschauungen über die biologische Wirksamkeit verschieden harter Röntgenstrahlungen wurden früher ausschließlich beherrscht durch den zuerst von Kienböck formulierten Satz: Die biochemische Wirkung ist direkt proportional der jeweils absorbierten Strahlungsenergie, und zwar unabhängig vom Härtegrad. In den letzten Jahren wurde nun von verschiedenen Seiten (Meyer und Ritter, Gauß und Lembcke) die Ansicht geäußert, daß die sehr harten Strahlen die spezifisch wirksameren wären, d. h. daß bei gleicher absorbierter Energie mit sehr harten Strahlen ein größerer biologischer Effekt, insbesondere auf Gewebe mit lebhafter Zellproduktion, erreicht werden könne als mit weichen Strahlen. Eine bekannte Theorie der Karzinombehandlung gründet sich auf die Annahme, daß die Sensibilitätsunterschiede zwischen den gesunden und der erkrankten Zelle um so größer seien, je härter die betreffende Strahlung ist. Würde sich nun durch die Methode der Strahlenanalyse eine entsprechende Verschiedenheit im Absorptionsvermögen des gesunden und des erkrankten Gewebes gegenüber Strahlen verschiedener Härte experimentell ermitteln lassen, so würde die kranke Zelle einen größeren Prozentsatz der auftreffenden Strahlung absorbieren als die gesunde Zelle und zwar relativ in um so stärkerem Maße, je härter die Strahlen sind. Die Zelle, in der mehr Strahlungsenergie zur Absorption gelangt, wird aber auch biologisch stärker beeinflußt werden, so daß im Einklang mit dem Kienböckschen biochemischen Gesetz die erhöhte biologische Wirkung der sehr harten Strahlen auf erkrankte Gewebe als die notwendige Folge seines verschiedenen Absorptionsvermögens erscheinen würde.

Aus unseren Versuchen ergeben sich noch zwei weitere praktische Folgerungen:

1. Wird die Halbwertschicht einer Strahlung in der üblichen Weise mit Aluminium experimentell bestimmt, so ist es unzulässig, die hierbei ermittelte Zahl mit 10 zu multiplizieren und als Halbwertschicht in Wasser anzugeben; in allen röntgenologischen Arbeiten ist daher künftighin streng zu unterscheiden zwischen Aluminiumhalbwert und Wasserhalbwert einer Strahlung.

2. Das Aluminiumphantom ist zu verwerfen, da die in den verschiedenen Tiefenlagen vorhandenen Strahlungen eine ganz andere Zusammensetzung aufweisen als in den entsprechenden Tiefenlagen des menschlichen Körpers; z. B. enthält eine Strahlung in 10 cm Phantomtiefe mehr als doppelt soviel sehr harte Strahlen, als sie nach dem Durchgang durch eine gleichdicke Gewebsschicht enthalten würde. Bei einer Verdoppelung der Dicke der einzelnen Schichten des Aluminiumphantoms würde man zwar in jeder Phantomtiefe ungefähr dieselbe Intensität der sehr harten Strahlen erhalten wie in der gleichen Gewebstiefe; dann wären aber die mittelweichen Strahlen beim Phantom jeweils nur halb so stark vertreten wie beim menschlichen Körper (in gleicher Tiefenlage). Unter der Voraussetzung, daß Bakelit auch gegenüber sehr harten Strahlen gleiches Absorptionsverhalten aufweist wie eine gleichdicke Wasserschicht — eine Prüfung, die sich mittels des Analysators leicht anstellen läßt —, erscheint das Bakelitphantom mit Rücksicht auf die bequemere Handhabung zweckmäßiger zu sein als ein Wasserphantom.

Zusammenfassung.

1. Durch Untersuchung verschiedener Röntgenstrahlungen mittels des Analysators wird ermittelt, in welcher Weise durch Änderung der Betriebsart oder durch Einschaltung von Filtern die Zusammensetzung der von einer Röhre ausgesandten Strahlung beeinflußt werden kann. Während Zink und Aluminium bei entsprechend bemessenem Dickenverhältnis (1:26) gleichartige Filterwirkung zeigen, ist dies nicht der Fall bei einer Vergleichung von Aluminium und Stanniol (Zinn).

2. Eine Prüfung des Bauerqualimeters ergibt die Unfähigkeit des Instrumentes bei sehr harten Strahlungen die mittlere Härte richtig anzugeben; eine Beurteilung der Härtekonstanz von sehr harten Tiefentherapieröhren auf Grund der

Zeigerausschläge des Qualimeters muß daher zu sehr erheblichen Fehlschlüssen Veranlassung geben.

3. Absorptionsvergleiche zwischen Wasser und Aluminium zeigen, daß im Gebiet der sehr durchdringungsfähigen Strahlen 1 cm Wasser soviel absorbiert wie $2^1/_2$ mm Aluminium, während im Gebiet der mittelweichen Strahlen die bekannte Beziehung 1 cm Wasser = 1 mm Aluminium gilt. Absorptionsmessungen an Aluminiumphantomen geben daher keine richtige Anschauung von der Verteilung der absorbierten Strahlungsenergie auf die Gewebschichten verschiedener Tiefenlage.

Aus der inneren Abteilung des Stadtkrankenhauses in Küchwald-Chemnitz (Oberarzt Prof. Clemens).

Allgemeine Verknöcherung der Rippenknorpel infolge Traumas (Röntgenologisch nachgewiesen).

Von

Dr. **M. Landau**, Bad Neuenahr-Chemnitz, Sekundärarzt.

(Hierzu Tafel XXIV, Fig. a.)

Die Wichtigkeit röntgenologischer Untersuchung selbst beim Fehlen wesentlicher klinischer Befunde wird durch einen Fall illustriert, den ich in unserem Vereinslazarett beobachtet und in der Chemnitzer Medizinischen Gesellschaft kürzlich vorgestellt habe.

Der 39jährige, früher stets gesunde und erblich nicht belastete Trainsoldat R. erlitt im Februar 1915 im Felde einen Unfall, und zwar schlug ihm ein Pferd mit derartiger Kraft mit dem Hufe vor die Brust, daß er mehrere Meter weit zurückgeschleudert wurde und einige Tage lang bewußtlos war. Er blutete anfangs einige Tage aus Mund und Nase und kam bald in das Feldlazarett Douai, woselbst Fieber bis 38,0° beobachtet und eine größere Menge Flüssigkeit aus dem rechten Brustfellraum entleert wurde. Bis Anfang Juni ist er dann im Heimatslazarett behandelt worden, auch dort wurden noch die Reste einer rechtsseitigen Brustfellentzündung und Temperatursteigerungen bis 38,7° beobachtet; dann aber wurde er als garnisondienstfähig zur Truppe entlassen und kam im Juli 15 abermals ins Feld. Die Brustbeschwerden, im wesentlichen Stiche beim tiefen Atmen, hatten nie ganz aufgehört, als er sich Ende August im Osten wegen wesentlicher Verschlimmerung, sowie Schmerzen in den Handgelenken und im Beine abermals krank melden mußte. Von dort ist er dann, nachdem er sich noch in einigen anderen Lazaretten aufgehalten hatte, Ende November dem hiesigen Vereinslazarett überwiesen worden. Seine Klagen bestehen in starker Schmerzhaftigkeit der Brustbeingegend und des rechten Hypochondriums beim tiefen Atmen; ausgiebige Bewegungen des Brustkorbes, so z. B. Beugen des Rumpfes, fallen ihm schwer, stärkere Arbeitsleistung der Arme, die eine Fixierung des Schultergürtels an die Brustwand erforderlich machen, sind ihm unmöglich. Die Untersuchung des mittelgroßen, recht kräftig gebauten Mannes ergibt eine geringe Schallabschwächung in handbreiter Zone rechts hinten unten über der Lunge. Das Atemgeräusch ist in dieser Gegend etwas abgeschwächt, der Brustfremitus vollkommen erhalten. Es fällt eine deutliche Einziehung der Haut über dem gedämpften Lungenabschnitt auf; der Umfang der linken Brusthälfte ist 2 cm größer als der der rechten, die Atemexkursion beträgt 3 cm. Die übrige körperliche Untersuchung bietet keinen krankhaften Befund, insbesondere ist der Urin frei von Eiweiß und Zucker, der Blutdruck nicht erhöht, die Wassermannsche Reaktion des Blutes negativ. Auswurf ist dauernd nicht vorhanden; Verdacht auf Tuberkulose besteht nicht.

Der auffallende Unterschied zwischen dem geringen krankhaften Befunde und der großen Unbeholfenheit, die R. bei allen Bewegungen zeigte, und die Tatsache, daß er seine Beschwerden nicht zu übertreiben schien, veranlaßten mich, ihn vor dem Röntgenschirm zu untersuchen.

Hier zeigte sich bei der Durchleuchtung der Brust ein Kranz von teils länglichen, teils runden, bis bohnengroßen scharfen Schatten, die symmetrisch zu beiden Seiten des Brustbeines den Ansatzstellen der Rippen an das Brustbein entsprachen und letzteres in zwei nach innen konvexen Bogenlinien umrahmten. Näheren Aufschluß über den eigenartigen Befund ergab die Röntgenaufnahme, deren Reproduktion ich beifüge (Lilienfeldrohr mit Veifainduktor).

Von sämtlichen knöchernen Rippenenden ausgehend, zeigten sich dem Verlauf der knorpligen Rippen entsprechend, spangenförmige kalkige Einlagerungen, die bald am oberen Rand, bald am unteren Rand verliefen, bald für ein kurzes Stück den Knorpel in seiner ganzen Breite erfüllten. Die unteren Rippen hatten an diesen Kalkeinlagerungen entsprechend ihrer größeren knorpeligen Ausdehnung einen größeren Anteil als die oberen und gerade an ihnen sind die eigenartigen Verhältnisse besonders anschaulich. Eine besonders starke Verknöcherung der 1. Rippenknorpel ist nicht sichtbar.

Es mußte sich nach diesem Bilde um einen frühzeitigen und auf alle Rippenknorpel in gleicher Weise ausgedehnten Verknöcherungsprozeß handeln; ein Zusammenhang oder eine Beziehung zu irgendeiner Erkrankung der Brustorgane war mit Sicherheit auszuschließen.

R. ist bisher mit hydropatischen Mitteln und Anthipyretizis behandelt worden; seitdem ich ihn mit Fibrolisyn behandle, ist eine weitere Verschlimmerung des Zustandes angeblich nicht eingetreten. Über die endgültige Prognose zu urteilen, ist heute wegen der kurzen Beobachtungsdauer noch nicht möglich.

Für die Beurteilung des Falles ist die pathologisch-anatomische Seite von keiner besonderen Wichtigkeit. Die Umwandlung knorpeliger oder bindegewebiger Substanz und knöcherne bzw. Kalkeinlagerung in alle möglichen Gewebsarten ist sowohl als physiologischer, wie als pathologischer Vorgang bekannt und die Verknöcherung nicht nur der ersten Rippenknorpel, sondern auch mehrerer tieferer ist den Pathologen bei Sektionen jenseits von 45 Jahren ein allzuhäufiger Befund, als daß er immer mit den für diese Zustände ja mit Recht ursächlich in Anspruch genommenen Erkrankungen (Lungentuberkulose, Emphysem) in Beziehung gebracht werden könnte (W. A. Freund, Hart, Harras). Hier aber handelt es sich um einen 39jährigen kräftigen Soldaten, bei dem innere Erkrankungen, besonders der Lunge, mit Sicherheit auszuschließen sind. Die ursprüngliche Genesung von dem schweren Trauma erweist sich als nur vorübergehend; trotz bestehender Beschwerden erwirbt Patient zwar für kurze Zeit seine Felddienstfähigkeit wieder, jedoch tritt auch bald eine Verschlimmerung ein, die sich in Beklemmungsgefühl beim tiefen Atmen und Beschränkung bzw. Verlangsamung der Beweglichkeit des Rumpfes äußert.

An der traumatischen Ätiologie der Knorpelveränderung ist mit Rücksicht auf den zeitlichen Zusammenhang des Unfalles mit den Beschwerden nicht zu zweifeln. Es ist anzunehmen, daß durch den heftigen Stoß vor die Brust eine schleichende lokale Entzündung der Rippenknorpel aufgetreten ist, die sich nach Ablauf der akuten Erscheinungen durch die Ablagerung von Kalk im Knorpelgewebe manifestiert.

Daß sowohl akute entzündliche Prozesse (z. B. Osteomyelitis, vgl. die experimentellen Versuche von Lexer), wie chronische Erkrankung (z. B. Tuberkulose, vgl. u. a. Auerbach, M. m. W. 13/33) im Knochen durch Unfälle im weitesten Sinne des Wortes „mobilisiert" werden können, ist eine ebenso allgemein bekannte Tatsache, wie die Entstehung z. B. „der Reitknochen" durch chronische Reize.

Die Fälle von ausgedehnter frühzeitiger Rippenknorpelverknöcherung sind in der Literatur sehr selten und ohne Zuhilfenahme des Röntgenapparates wohl nicht zu diagnostizieren. Wiesner hat 4 Fälle beobachtet, bei denen er — es handelte sich um Angestellte der Veifawerke, die viel röntgenologisch gearbeitet hatten — eine spezifische Wirkung der Röntgenstrahlen auf den Knorpel vermutete (Wiesner, M. m. W. 1910/1124).

Die Seltenheit dieser und ähnlicher Befunde, die sicherlich in der Praxis häufiger sind, erweist wiederum den Wert röntgenologischer Untersuchungen, besonders bei fehlendem objektiven Befunde, namentlich für den Gutachter in Unfallsachen.

Aus der II. medizin. Abteilung des k. k. Krankenhauses Wieden in Wien.

Ein Beitrag zur Röntgendiagnostik der Lungensyphilis.

Von

Dr. **Felix Deutsch**, derzt. Leiter der Abteilung[1]).

(Hierzu Tafel XXIV, Fig. b.)

„.... Überhaupt steht die Röntgendiagnostik der Lungensyphilis mangels ausreichender Beobachtungen und Erfahrungen zurzeit noch auf schwachen Füßen.“

Dieser Satz, der in dem erst vor kurzem erschienenen Lehrbuch der Röntgenheilkunde von Rieder am Ende einer kurzen Besprechung über die Röntgendiagnostik der Lungensyphilis figuriert, gibt, wie ich glaube, die Berechtigung, kasuistische Beobachtungen und Erfahrungen mitzuteilen, die einen Beitrag zur röntgenologischen Sicherstellung solcher Fälle bieten können, um so mehr als anderorts in den zuständigen Lehrbüchern eine radiologisch-diagnostische Erörterung der syphilitischen Erkrankungen der Brusteingeweide nicht existiert.

Von den Brusteingeweiden können die Bronchien, das Lungengewebe und die Pleura syphilitisch erkranken. Abgesehen vom syphilitischen Katarrh kommt es an den Bronchien zur chronischen ulzerösen syphilitischen Bronchitis und konsekutiver Bronchiektasie oder zu einer Affektion der Bronchien infolge Durchbruch einer luetischen Erkrankung der Nachbarschaft.

Bei Gewebserkrankungen der Lunge findet sich entweder eine diffuse lobäre syphilitische Infiltration oder eine gummöse ulzeröse Lungenveränderung oder eine interstitiell bronchiektatische Form der Erkrankung oder schließlich eine luetische Pneumonie, aus welcher wiederum eine Lungeninduration hervorgehen kann. In Kombination mit einem dieser Prozesse kann auch die Pleura affiziert sein, und zwar als Pleuritis gummosa oder als sekundäre Erkrankung im Anschluß an eine derartige Lungenaffektion, andererseits kann ein syphilitischer Knochenprozeß auf das Rippenfell übergreifen. Das pleuritische Stadium einer syphilitischen Lungenaffektion wird jedoch meist nicht beobachtet, sondern man sieht erst das Endresultat der Pleuritis, nämlich die Schwarte. Diese Schwarten pflegen sich regelmäßig im Niveau der Lungenaffektion fortzusetzen und da die Lokalisation des Prozesses meist im rechten Mittellappen stattfindet, breiten sich diese Schwielen bandartig zwischen Ober- und Mittellappen aus. Am stärksten pflegt die Schwielenbildung am Hilus der Lunge ausgebildet zu sein und von da aus in Form von Streifen, Strängen und Spangen, die sich im weiteren Verlauf flächenartig konsolidieren, auf die Lunge auszustrahlen; wenigstens ist dies bei der häufigsten Form der Lungensyphilis, der chronisch interstitiellen mit Bronchiektasien einhergehenden der Fall. Alle beschriebenen Fälle dieser Art zeigen in mehr oder minder ausgedehntem Maße diese Art der pleuritischen Ausbreitung; natürlich, je weiter der Prozeß vorgeschritten, um so mehr greifen die Verwachsungen auf den Unterlappen über. Diesen anatomischen Veränderungen sollte — zumindest im Beginne — ein charakteristisches radiologisches Bild entsprechen, welches sich von anderen vom Hilus ausgehenden sowie von interlobären Prozessen abgrenzen lassen müßte. Die röntgenologischen Beobachtungen dieser Erkrankungsform sind jedoch gering. Mehrere Fälle, die in vivo diagnostiziert röntgenologisch untersucht wurden, waren bereits so vorgeschritten resp. durch konsekutive Lungenveränderungen kompliziert, daß das Bild nichts gerade für die Lungensyphilis Charakteristisches darbot (Stoerk, Bauer usw.).

Bei einem anderen röntgenologisch genau verfolgten Krankheitsfall gab das Röntgenogramm eine starke Infiltration des ganzen rechten Mittellappens mit sich bis zum Oberlappen erstreckenden Verdichtungen, die sich nach einer Merkurialisierung mit der gleichzeitig fort-

[1]) Nach einer Demonstration in der k. k. Gesellschaft der Ärzte in Wien vom 19. Mai 1916.

schreitenden Besserung aufhellten (Kayser). Ein anderer Fall, den ich hervorheben möchte, zeigt im rechten Lungenfeld eine geradlinige, scharf begrenzte, wickelbandartige Verdichtung, welche dem rechten Hilus gegenüberlag und diesem die breiteste Fläche zukehrte und anfangs den Eindruck eines interlobären Exsudates erweckte (Haudek). Von Bauch werden zwei Fälle von Lungensyphilis mit charakteristischen röntgenologischem Befund angeführt, der die Veränderungen hauptsächlich in der Lungenbasis zeigte.

Diesen Beobachtungen möchte ich eine eigene eines Falles angliedern, der mehrmals während seines Verlaufes röntgenologisch untersucht und in vivo diagnostiziert wurde.

G. H., 26 J. alt, Kontorist, kam am 10. IX. 1915 in unsere Ambulanz, um sich wegen Hustens, Atembeschwerden, Nachtschweißen und Fieber behandeln zu lassen. Als Kind habe er Masern, „englische" Krankheit und Scharlach überstanden. Seit frühester Jugend leide er an einem doppelseitigem Leistenbruch. Mit 21 Jahren sei er wegen Lungenspitzkatarrh behandelt worden. Vor einem Jahre soll schleichend Husten mit reichlichem, grünlichem Auswurf begonnen haben, der seit August 1915 stärker und beständig wurde. Im November seien Atembeschwerden und Beklemmungen auf der Brust hinzugetreten, die ihn hauptsächlich bei Tag belästigten. Er habe sich in einem Spital deshalb ambulatorisch untersuchen lassen. — Auf unsere Nachfrage in demselben wurde uns folgender Befund zur Verfügung gestellt: Dämpfung rückwärts über der linken Lunge von der Mitte der Skapula nach abwärts mit abgeschwächtem Atemgeräusch und ebensolchem Stimmfremitus; diffuses Giemen über beide Lungen. Es wurde Lungentuberkulose angenommen und der Verdacht auf eine Pleuritis interlobaris ausgesprochen. Die Röntgendurchleuchtung ergab einen vom linken Hilus gegen die Peripherie nach aufwärts ziehenden dreieckigen intensiven Schatten, dessen Basis gegen den Hilus gerichtet war. (Vermutungsdiagnose: interlobäre Pleuritis, vielleicht Empyem.) — Patienten wurde damals die Spitalaufnahme angeraten, die er jedoch ablehnte. Er fand sich vorläufig mit seinem Leiden ab. — Vor 2 Monaten nun hätten Nachtschweiß und abendliches Fieber begonnen, auch will er durch einige Tage Blut gehustet haben. Schmerzen in beiden Flanken bei heftigem Husten, Brennen auf der Brust, Schwächezustände infolge starker Abmagerung trotz reichlicher Nahrungsaufnahme hätten ihn schließlich arbeitsunfähig gemacht. Alkohol immer mäßig Nikotinabusus (30 Zigaretten). Vor 7 Jahren angeblich ein weicher Schanker.

Status praesens: Schmächtiger Patient von typischem Habitus asthenicus. Hautdecken auffallend blaß; sichtbare Schleimhäute anämisch. An der rechten Halsseite strahlige Narben (Drüsennarben?), in inguine rechts solche nach Bubonen. Leichte Knöchelödeme. Ausgesprochene Trommelschlägerfinger an beiden Händen. Temperatur subfebril. Ohne daß Patient heiser wäre, ist die Atmung stridorös; der Stridor kommt aus der Tiefe und verstärkt sich bei tiefer Inspiration. Der laryngoskopische Befund (Dr. Heindl) ergibt: Larynx frei; die vordere Trachealwand abwärts ziemlich hineingewölbt — Stenose im unteren Anteil der Trachea oder Bronchus —, an der Stelle der Stenose sehr viel Sekret (Verdacht auf luetische Veränderungen). Thorax schmal und flach. Bei der Atmung bleibt die linke Seite etwas zurück. Supraklavikulargruben tief eingesunken.

Über den beiden Spitzen verkürzter Schall. Rechts vorne voller emphysematöser Lungenschall. Grenze in der rechten Axillarlinie VII. Rippe; rückwärts in der Höhe des XII. Brustwirbels. Atmung vesikulär, einzelne bronchitische Geräusche. Links vorne heller Schall. In der Seite von der V. Rippe abwärts kompakte Dämpfung, die nach vorne in die Herzdämpfung übergeht, den Traubeschen Raum einengt und sich nach rückwärts ausbreitend, nach unten zu etwas aufhellend das Zwerchfell nicht abgrenzen läßt. Der Stimmfremitus über der Dämpfung etwas abgeschwächt; ebenso das Atemgeräusch, das einen bronchialen Beiklang besitzt, spärliche feuchte, mittelblasige konsonierende Rasselgeräusche. Sonst vesikuläres Atmen.

Sputum reichlich nummös, eitrig, Kochsche Bazillen trotz Antiformierung negativ. Auffallende Bakterienarmut desselben, viele Eiterzellen, keine elastischen Fasern.

Herzgrenzen: nach oben IV. Rippe — linke Sternalrand — nach links nicht gegen die Lungendämpfung abgrenzbar. Bei Seitenlage keine Verschieblichkeit des Herzens, keine Aufhellung der Dämpfung. Herztöne rein.

Abdomen ohne Besonderheiten. P.S.R. vorhanden. Pupillen gleichweit, reagieren auf Licht und Akkommodation.

Im Blute polynukleäre Leukozytose (18800).

Harn: sauer, Alb. in Spuren. Sacchar. neg. Diazoreaktion schwach positiv. Im Sediment keine renaten Elemente.

Röntgendurchleuchtung: Vorne links Spitze trübe, hinten beide Spitzen beschattet. Einzelne Flecken in der rechten Lunge, starke Hiluszeichnung. Links, entsprechend der Grenze beider Lappen bei dorsoventraler Durchleuchtung, ein intensiver, bandförmiger mit der Basis gegen den Hilus,

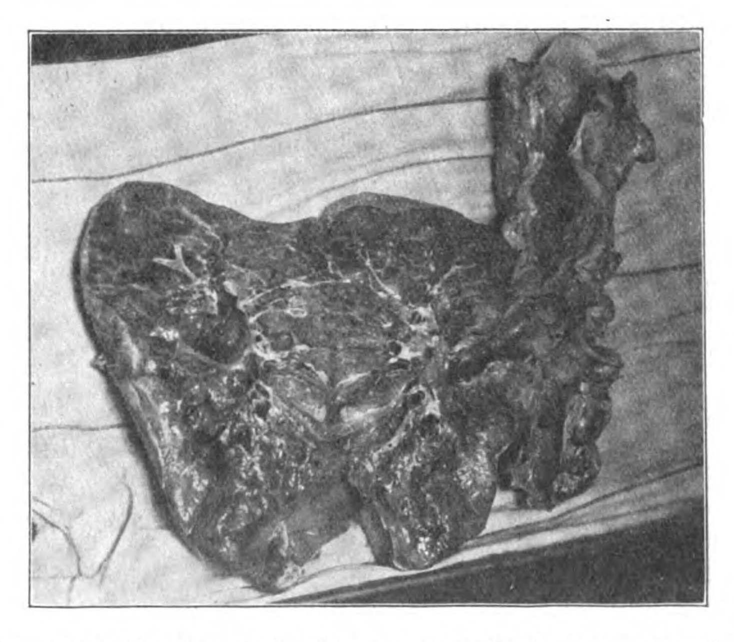
mit der Spitze gegen die Peripherie gerichteter, nach aufwärts ziehender Schatten; nach abwärts Trübung der unteren Lungenpartie und Überschattung des wenig beweglichen Zwerchfells sowie des linken Herzens. Mediastinum frei. Aortenschatten nicht verbreitert. Eine inspiratorische Dislokation des Mediastinums in die gesunde Thoraxhälfte bei sagittaler Durchleuchtung war nichts zu bemerken.

Von einer interlobären Pleuritis war der Schatten mehrfach zu unterscheiden, vor allem, da bei Durchleuchtung mit höher und tiefer gestellter Röhre in mehreren Richtungen die Größe des Schattens sich nicht veränderte; bei der interlobären Pleuritis ist dies nicht der Fall, denn hier entsprechen die Schatten, die man bei mittlerer Röntgenstellung erhält, nicht ganz der wirklichen Größe bzw. Höhe der Flüssigkeitsschichte, weil die Abgrenzung der Lappen nicht eine horizontale Richtung hat, sondern von der Mitte nach oben oder unten und außen verläuft. Außerdem sind die keilförmigen sowohl oben wie unten ziemlich scharf begrenzten Schatten der interlobären Pleuritis mit der Spitze median gerichtet (Lorey).

Bronchialkarzinome, welche ihren Sitz meist am Hilus haben, geben wohl auch nach der Peripherie sich erstreckende, mit dem Hilus zusammenhängende tiefe Schatten, die sich scharf vom normalen Lungengewebe abheben (Krause), sie breiten sich aber fächerförmig im Lungengewebe aus, weshalb die vorliegende Schattenbildung einem solchen Prozeß nicht entsprechen konnte Die Erklärung für das Zustandekommen der eigenartigen Gestalt dieses Schattens war daher vorläufig in suspenso.

Erst als bei weiterer Sputumuntersuchung Kochsche Bazillen andauernd negativ blieben, der Lungenprozeß in der folgenden Zeit auf die linke Lunge sich beschränkte, und die Wassermannsche Komplementablenkung im Blute aber positiv ausfiel, klärte sich das Bild.

Nach Einleitung einer kombinierten Queksilber- und Jodkur begann sich anfangs der Zustand des Patienten zu bessern. Eines Tages jedoch, als das Sputum unter dem Einfluß der Behandlung bereits leichter und weniger dicklich abgehustet wurde, trat eine akute Verschlechterung ein; unter quälendem Hustenreiz ergossen sich plötzlich maulvoll expektorierte, etwas übelriechende, grünlich schleimige Massen aus den tieferen Luftwegen, wobei zusehends der inspiratorische Stridor abnahm. Nach dieser Attacke blieb Patient sehr dyspnoisch, die Stimme wurde heiser, die Atmung oberflächlich. Höhere Temperaturen stellten sich ein. Der Lungenbefund hatte sich um wenig geändert: Vorne links neben dem Sternum in der Höhe des Ansatzes der IV. Rippe hatte das Atemgeräusch amphorischen Charakter angenommen, über der rückwärtigen Dämpfung einen noch höher bronchialen wie früher; über beiden Lungen war diffuses feinblasiges Rasseln zu hören.



Der nun aufgenommene Röntgenbefund war etwas modifiziert gegenüber dem früheren Durchleuchtungsresultat: Der früher solide Mittelschatten an der linken Lunge zeigte an der Basis herdförmige Aufhellungsbezirke, so daß er in seinem Anfangsteil mehr netzförmige Struktur erhielt, während der übrige Befund so ziemlich der gleiche geblieben war.

Der weitere Verlauf zeigte weiter eine Wendung zum Schlechten:

30. IV. Dyspnoe nimmt zu, der bellende Husten und die reichliche Expektoration dauert an. Im Sputum sind keine elastischen Fasern nachzuweisen.

3\. V. Über dem linken Unterlappen breitet sich der bronchiale Atmungscharakter aus; über der rechten Lunge sind die akuten Erscheinungen im Abklingen. Jedoch nimmt der Kräfteverfall zu und das Herz beginnt zu versagen.

7\. V. Exitus letalis.

Der von Herrn Prosektor Dr. Zeman aufgenommene Obduktionsbefund der Lunge ergab: Beide Lungen stark vergrößert. Im rechten Pleuraraum etwas klare Flüssigkeit. Die rechte Lunge emphysematös gebläht; etwas kapilläre Bronchitis. Rechts vergrößerte Hilusdrüsen. Über der linken Lunge vorne vom Hilus ausgehende fibröse, gegen die Peripherie abnehmende dichte Schwarte; in den unteren hinteren Anteilen mäßige Verwachsungen der Pleurablätter. Beim Herausnehmen der Lunge zeigt sich der Ösophagus an die Trachea oberhalb der Bifurkation dicht angewachsen und das Zellgewebe verkürzt. Die Trachea selbst im unteren Anteil stenosiert, voll von Narben und Ulzerationen, die in den linken Hauptbronchus und dessen größere Verzweigungen sich fortsetzen und durch Narbenkontrakturen in Form von vorspringenden Leisten und Wulstungen denselben verengen. Von hier kommt man in einen größeren Hohlraum, der mit dickem, blutigschleimig eitrigen Sekret angefüllt ist. Die vom Hilus gegen die Peripherie eingeschnittene Lunge zeigt nach Entfernung des Sekrets mehrere infolge ulzeröser Wandveränderung der Bronchien enstandene größere und kleinere bronchiektatische Kavernen, die sich an den Hohlraum anschließen. Außerdem diffuse interstitielle Wucherungsprozesse im unteren Anteil des Oberlappens und oberen des Unterlappens. Einzelne gummöse Herde im mittleren Teil, pneumonische Anschoppung im unteren Teil des Unterlappens. Emphysem der linken Spitze.

Diese schweren Veränderungen erklären vollauf den Mißerfolg der zu spät eingeleiteten Therapie.

Das Röntgenbild fand nun folgende Deutung: Die besondere Form des keilförmigen Mittelschattens entsprach der dichten pleuritischen Schwarte plus den verdickten Bronchialwänden und den mit Sekret gefüllten Höhlen. Als ein Teil des Sekretes dieser Höhlen unter dem Einfluß der Therapie durch Abhusten sich entleerte, hellte sich dieser Schatten etwas auf. Durch seine Lage im Niveau der Lungenaffektion entlang den untersten Anteilen des Ober- und obersten des Unterlappens gab er das einem interlobären Exsudat ähnliche Bild, von dem zu unterscheiden man aber hauptsächlich durch seine Form, der Zukehrung der Basis zum Hilus, berechtigt ist. Diese Schattenbildung scheint für die häufigste Form der Lungensyphilis der Erwachsenen, der chronisch interstitiellen sklerosierenden Form mit Bronchiektasien charakteristisch zu sein und einen Fingerzeig für die Diagnosenstellung abgeben zu können; da die Pleuraaffektion sich schon frühzeitig im Niveau der Lungenschwiele auszubilden pflegt, dürfte die Therapie bei Erkennung des Prozesses zu dieser Zeit noch rechtzeitig einsetzen können.

Literatur.

Rieder: Lehrbuch der Röntgenheilkunde, 1913.

M. Groedel: Grundriß und Atlas der Röntgendiagnostik in der inneren Medizin, 1914.

G. Holzknecht: Die röntgenologische Diagnostik der Erkrankungen der Brusteingeweide. Fortschritte a. d. Gebiete d. Röntgenstrahlen. Ergänzungsheft VI.

H. Schlesinger: Handbuch d. Geschlechtskrankheiten, III, 1914; daselbst ausführliche Literatur.

O. Stoerk: Sitzungsber. d. Ges. f. innere Med. 15. II. 1912.

R. Bauer: Sitzungsber. d. Ges. f. innere Med. 14. III. 1912.

K. Kayser: Röntgenologischer Beitrag zur Klinik der Lungensyphilis. Fortschritte a. d. Gebiete d. Röntgenstr., XXII, S. 214.

S. Bauch: A report on two cases of syphilis of the lungs. (Med. record 1916, Vol. LXXIX, S. 806.)

Aus dem Reservelazarett I, Leipzig.

Kasuistischer Beitrag zur Spondylitis typhosa.

Von

Prof. **A. Bittorf,** Oberarzt d. L. II und fachärztl. Beirat.

(Hierzu Tafel XXIV, Fig. c.)

Zu den selteneren Komplikationen des Typhus gehört die Spondylitis typhosa. Sie kann diagnostisch erhebliche Schwierigkeiten bereiten, besonders wenn es sich um eine scheinbar ganz ungewöhnliche Form derselben handelt, wie im folgenden, kurz mitgeteilten Falle.

B. meldete sich in Leipzig auf der Durchreise krank und wurde im Reservelazarett I aufgenommen. Er gab an, anderweit einen Typhus durchgemacht zu haben und seit der Rekonvaleszenz — nähere zeitliche Angaben über das erste Auftreten ließen sich nicht sicher feststellen — bei gewissen Bewegungen linksseitige Rückenschmerzen zu haben. Die Schmerzen waren bei Bettruhe gering, traten dagegen angeblich bei Drehungen und Bewegungen der Wirbelsäule, beim strammen Stehen und Gehen sehr heftig auf. Sie strahlten vom Rücken bis nach der linken Unterbauchseite aus.

Der objektive Befund ergab anfangs: leichteste Temperatursteigerungen, vorübergehend Typhusbazillen im Stuhl.

An der Wirbelsäule und am Nervensystem objektiv nichts sicher Krankhaftes nachweisbar.

Trotz des Fehlens irgendwelcher — auch radikulärer — Symptome, trotz sonstiger, ausgesprochen hysterischer Erscheinungen, wurde bei den so bestimmten Angaben des Kranken sofort an die Möglichkeit des Bestehens einer Spondylitis typhosa gedacht. Das angefertigte Röntgenbild (vgl. Abb.) ergab:

Am 4. Lendenwirbelkörper eine etwas größere und stärkere Aufhellung in dem dem linken Querfortsatz anliegenden Teil, als rechts. Der linke Querfortsatz selbst verbreitert und stark kranialwärts abgebogen.

Es lag demnach eine Abknickung des 4. linken Lendenwirbelquerfortsatzes vor. Die Ursache war zweifellos eine typhöse Spondylitis im basalen Teile des Querfortsatzes, bzw. im dazugehörigen anliegenden Teile des Wirbelkörpers. Der Muskelzug hatte die Abknickung verursacht. So waren die charakteristischen Schmerzen bei bestimmten Bewegungen durch die Muskelbeanspruchung erklärt. Durch längere Bettruhe wurde eine erhebliche Besserung der Beschwerden erzielt.

Der kurze Hinweis zeigt, daß diese (anderwärts auch vorliegenden Fälle) leicht verkannten Klagen, doch trotz negativen Befundes zur richtigen Erkennung führen können, wenn man genau auf Art ihrer Entstehung und ihres Auftretens achtet.

Erleichtert wird die Diagnose, wenn Erscheinungen von seiten des Wirbels (Druckempfindlichkeit usw.) oder der entsprechenden Wurzel hinzutreten.

Kasuistischer Beitrag und einige Bemerkungen zu pathologischer Knochenbildung.

Von

Dr. **Hermann Engels,** Feldarzt, Berlin.

(Tafel XXIV, Fig. d.)

Auch in der jetzigen Zeit mit ihren vielen brennenden Fragen geht man nicht gern achtlos an seltenen, selbst weniger einschlägigen Beobachtungen vorüber. In einem Kriegslazarett des Ostens ist mir gelegentlich einer Begutachtung eine eigenartige Knochenneubildung zu Gesicht gekommen. Ich habe einen ähnlichen Befund weder in meiner Friedensröntgentätigkeit erlebt, noch erinnere ich mich, ihm in einer Veröffentlichung begegnet zu sein. Die Anfrage bei zwei unserer erfahrensten Röntgenologen bestärkt mich, den Fall bekanntzugeben. Immelmann-Berlin sagt mir, ein solches Bild noch nicht zu kennen, Alban Köhler-Wiesbaden schreibt, daß er zweimal Ähnliches gesehen habe, daß aber in dieser Beziehung seines

Wissens wenig veröffentlicht sei, und ermuntert mich dazu unter Zusendung seiner zwei Abzüge. Ich knüpfe an den einfach kasuistischen Bericht einige Bemerkungen über die Entstehungsweise von knochigen Wucherungen.

Die Chirurgen und wir Röntgenärzte haben jetzt wohl alle mehr als im Frieden die mannigfachsten Knochenbildungen frisch entstehen sehen und verfolgen können, ich mehrfach nach kürzester Zeit (6—8 Wochen) in großem Umfang bei leichter Verletzung (Schlag). Es ist oft schwer zu sagen — das eine Mal ähnelte der Befund dem des Reitknochens —, ob ein Zusammenhang mit abgelöstem Periost (bei wenigstens nicht nachweisbarer Knochenbeteiligung!) besteht, oder ob wirklich reine Metaplasie vorliegt. Ich habe für beide Arten ein schönes Beispiel und zweifle nicht daran, daß eine solche Umwandlung unter bestimmten pathologischen Bedingungen auch nach einmaligem Trauma vorkommt. Jedoch überschreitet es den beabsichtigten Rahmen, auf „Myositis“ oder „Periostitis ossificans“ einzugehen. Ich erinnere an die ganze Frage nur, weil mir die Form derartiger Knochenneubildungen als Folge eines irritativen Prozesses auch für unseren Fall erklärend helfen kann — sie füllen (unberücksichtigt, wie entstanden) meist einen vorher bluterfüllten Raum aus oder werden durch das Hämatom gewissermaßen in eine schon präformierte oder neu gesetzte Gewebslücke hineingeleitet. Ich komme darauf zurück.

Ungemein häufiger sieht man aber Exostosen (also pathologische Neubildung im Sinn der physiologischen) nach gröberer Knochenverletzung, auch reponierter Luxation, besonders bei chronisch entzündlicher Veränderung in Gegend des Traumas. Auch hier wieder gehen sie in Gewebsspalten oder halten sich an Muskel, Band, Gelenkkapselansatz, Sehne (z. B. Brachialis int. usw.) — eben an den abgerissenen, vielleicht hochgeschlüpften Teil, die Knochenneubildung strebt ihm vom Periost aus durch den Bluterguß als Weg gewissermaßen nach. In diese Gruppe gehört mein seltener Fall.

B., 23 Jahre, Fleischer, jetzt Armierungssoldat. 1908 Fall vom Pferde, Bruch des rechten Ellbogengelenks, Verrenkung der rechten Schulter. In der Ellenbeuge soll der Knochen durch die Haut gekommen sein. Im Krankenhause wird der Arm in gestreckter Haltung eingegipst, dann mehrfach der Gipsverband, jedesmal in Narkose, in anderer Stellung angelegt. Drei Wochen nach dem Fall auf der Streckseite Einschnitt, Entfernung von Knochensplittern, Eingipsung für acht Wochen. Dann Elektrisier-, Massage- und Übungsbehandlung.

Der rechte Oberarm $2^1/_2$ cm, der Unterarm $^1/_2$ cm schwächer als der linke. Der Unterarm steht in einem Winkel von 120° zum Oberarm, fast völlig proniert. Die Pronation geht nur noch um 10° zu steigern. Die Supination ist um ungefähr 30° behindert. Die Beugung geht aktiv und passiv bis 90°, die Streckung bleibt aber aktiv unverändert bei 120°, ebenso passiv. Die grobe Kraft ist vermindert, so daß Patient für schwere Arbeit Linkshänder geworden ist.

An der Streckseite fühlt man einen knöchernen Fortsatz vom Olekranon nach oben, in dieser Gegend reicht eine Narbe, 2 handbreit oberhalb vom Olekranon beginnend, 3 Querfinger weit nach unten über die Ulna. Die Gelenkenden von Radius und Ulna erscheinen höckrig. Der sehr atrophische Bizeps ist deutlich bis zum Radius zu verfolgen. Von der Vorderfläche des Humerus scheint eine Knochenspange mit nach der Beugeseite konvexem Bogen zur Ulna herüberzureichen und deren Proc. coronoideus zuzustreben. Hier erbsgroße, nicht fixierte Narbe. Die Knochenspange ist außerordentlich empfindlich. Man kann an der Innenseite des Condylus medialis humeri den Finger etwas unter den Knochenbogen schieben. Bei Beugung bewegt sich der untere Teil der Spange mit der Ulna, der obere Teil bleibt mit dem Humerus stehen, und scheint sich zwischen oberem und mittlerem Drittel eine Art Gelenk zu befinden. Der Brachialis int. geht zu dem unteren beweglichen Teil, der feste Teil unter dem Muskel nach oben weiter.

Das Röntgenbild (Aufnahme mit Siemenswagen) zeigt einen Defekt am breiten, ungleichmäßig höckrigen, lose gefügten unteren Gelenkende des Humerus, dicht an den Humerus herantretende Knochenwucherungen am Olekranon und Verbreiterung des oberen Ulnaendes mit Knochenleisten. Die Gelenkflächen von Humerus und Ulna sind unregelmäßig, der Spalt mehrfach unterbrochen, besonders nach dem Olekranonsporn hin aufhörend. Vom vorderen Umfang des Humerus, ungefähr der Gegend oberhalb der Fossae supratrochleares entsprechend, geht ein scharf umrissener, bei 60 cm Entfernung 4 mm dicker, kompakter, gegen den Schaft nicht abgesetzter Knochenbogen herüber zur unteren Begrenzung des Radioulnargelenks, sich unten teilend, wie bei Exostosen so oft: homogen, strukturlos aussehend. Zwischen oberem und mittleren Drittel sieht man eine Unterbrechung des Bogens mit abgerundeten Konturen,

dazwischen leichte Schattenverbindung — wohl Bindegewebe. Vor dem Schirm beobachtet man bei Beugungsversuchen deutliche Bewegungen der Bogenteile gegeneinander —((—, das untere Stück geht mit der Ulna hoch, das obere steht fest, an der Stelle der Unterbrechung entsteht ein Knick — eine Gelenkbildung. Besonders das untere Stück hebt sich im Bild von den Gelenkenden weit ab. Das sagittale Bild zeigt außer kleinen freien Knochenschatten neben der Ulna und den Wucherungen am Humerus nichts für unsere Frage.

Wir haben hier eine seltene Form von Knochenneubildung. Die Lage entspricht der Gelenkkapsel, so daß man wohl annehmen darf, daß diese in ihrem vorderen Umfang durchwachsen ist, in welcher Breite, ist nicht zu sagen. Die Ellbogenkapsel — das Gelenk zwischen Ulna und Capitulum radii ist ja in die Articulatio cubiti mit einbezogen, hat keine besondere Kapsel — ist bei Beugung des Arms an der Vorderseite schlaff (in unserm Fall fixierte Beugestellung!), vom Knochen abgehoben; dies wird erklärt durch den Zug des M. brachialis mit seiner Funktion, stark zu flektieren, dabei zugleich infolge Verwachsung mit der Kapsel Einklemmungen zu verhüten. So ist die weite Entfernung des Bogens von den Gelenkenden zu verstehen, zumal durch die Verletzung (Haut durchbohrt!) auch Verlagerungen eingetreten sein werden. Aus dem freigebliebenen Radiushals muß man schließen, daß nicht die ganze Breite der Kapsel betroffen ist. So erklärt sich auch besser die Entstehung eines Knickes bei Beugung. Der Brachialis nimmt den unteren Teil der nun knochig gewordenen Kapsel mit nach vorn oben — wie normal die faltige. Der obere Teil — der der Einklemmung sowieso nicht ausgesetzt wäre und daher vom Brachialis mehr frei ist — ist als feste Knochenspange an den Humerus gefügt. Die Bindegewebsverbindung der Bogenteile nach Art eines Gelenks würde erklären, warum die Streckung weder aktiv noch passiv gesteigert werden kann, sie lassen sich nicht auseinanderziehen. Natürlich tut der Olekranonstachel sein Übriges.

Ich denke mir die Bildung so entstanden, daß infolge Periostverletzung von beiden Seiten her in die eingerissene Kapsel Knochenleisten wucherten, sie fanden in der Weichteilspalte, in der die Kapsel sich befindet, fältelt, einen vorgebildeten Weg, der durch einen selbstverständlich gleichzeitigen Bluterguß verbreitert war, so gewissermaßen eine Schienung für die Knochenbildung, unter Kalkaufnahme vielleicht auch Material bot. Es entstanden erst kleine dornförmige Auswüchse; nun begann die medikomechanische Behandlung, die Sporne waren gezwungen, einander zuzustreben, sie setzten dabei an ihrer Spitze stets neue Verletzungen, kleinste Reizungen, Blutungen, vergrößerten sich so, bis sie sich beinahe berührten. Die nicht aussetzende Behandlung verhütete ein Zusammenwachsen — Abrundung, Gelenkbildung.

In dem einen von Köhlers Bildern ist nicht zu sagen, ob die Bildung wirklich in der Kapsel liegt. Das andere ähnelt mehr dem meinigen, ich möchte auch die Kapsel verknöchert annehmen, es besteht aber keine Gelenkbildung.

Bei Betrachtung solcher oder ähnlicher Bilder von Exostosen fühlt man sich beinahe versucht, an eine Zweckmäßigkeit, eine Zielstrebigkeit in der Naturheilung zu denken — auch ohne Psyche! Es soll Zerrissenes, Schwaches gefestigt, ein krankes Gelenk z. B. vielleicht gleichsam überbrückt werden. Statt des zum Ersatz nur Benötigten entstehen manchmal exzessive, ja monströse Wucherungen — eine Ausartung unter irgendwelchen Bedingungen wie Reizerscheinungen der Umgebung, Störung durch Behandlung (Massage, zu frühe Belastungen usw.). Die Natur schießt dann an ihrem Ziel weit vorbei. Man wird jedoch mit der Erklärung auskommen müssen, daß es sich um rein irritative Produkte handelt.

Ob wir ärztlich darauf Einfluß haben können, und wie solche Produkte zu behandeln sind, gehört nicht hierher.

Aus der chirug. Klinik des Marienhospitals zu Düsseldorf (Chefarzt Dr. Kudlek).

Ein Fall von Verknöcherung in der Trizepssehne nach Trauma.

Von

Assistenzarzt Dr. **Fiedler.**

(Hierzu Tafel XXIV, Fig. e.)

Verknöcherungen im Bereiche der Trizepssehne werden verhältnismäßig selten beobachtet. Man faßte diese Gebilde früher als Sesambeine auf. Kienböck hat zuerst auf ihren traumatischen Ursprung hingewiesen und veröffentlicht zugleich zwei Fälle, bei denen es sich um eine mit Pseudarthrosenbildung verheilte Fraktur der Epiphysenlinie des Olecranon ulnae handelt. Neuerdings wurde von Katz ein Fall veröffentlicht, bei dem es sich auch um ein größeres Knochenstück in der Trizepssehne handelt, daß Katz auf einen vor 14 Jahren erlittenen Unfall zurückführt.

Bei dem hier zur Beobachtung gekommenen Fall, Patient O., 20 Jahre alt, fanden sich zwei etwa kirschkerngroße Knochenstücke in der linken Trizepssehne, zwischen denen das Röntgenbild einen etwas über stecknadelkopfgroßen, runden, strukturlosen Schatten zeigt. Ein traumatischer Ursprung dieser Knochengebilde ist in unserem Falle mit fast absoluter Sicherheit anzunehmen. Die Vorgeschichte ist folgende:

Vor 2 Jahren fiel Patient zu ebener Erde auf beide Hände. Das rechte Ellbogengelenk wurde dabei gebeugt gehalten; der linke Arm blieb im Ellbogengelenk gestreckt. Kurz nach diesem Falle trat eine starke Schwellung des linken Ellbogengelenkes auf. Bewegungen im Ellbogengelenk waren schmerzhaft. Patient wurde mit Heißluft und Massage behandelt. Nach 10 Wochen normale, schmerzlose Beweglichkeit des Ellbogengelenkes; die Schwellung war vollkommen zurückgegangen. Ungefähr $^1/_2$ Jahr später traten wiederum Schmerzen im linken Ellbogengelenk auf, und zwar bei äußerster Streckung des linken Armes im Ellbogengelenk. Diese Beschwerden haben jetzt allmählich zugenommen.

Der Befund war folgender:

Patient ist mittelgroß, von mäßig kräftigem Körperbau und wenig entwickeltem Fettpolster. Der Allgemeinbefund bot keine Besonderheiten. (Patient war wegen eines Augenleidens hier in Behandlung; die Veränderungen am Ellbogengelenk wurden als Nebenbefund erhoben.) Die Muskulatur beider Arme ist annähernd gleich stark entwickelt.

Der Umfang des Oberarmes beträgt	rechts 24 cm	links 23 cm
„ „ „ Unterarmes, bei herabhängendem Arm, 1 cm unterhalb des Olekranon gemessen	„ $24^1/_2$ „	„ 24 „

Oberhalb des linken Olekranons fühlt man im Bereiche der Trizepssehne, 1 cm vor dem oberen Rande des Olekranons beginnend, zwei sich knochenhart anfühlende Körper, die in der Mitte durch einen in querer Richtung verlaufenden Spalt getrennt sind. Ihre Größe beträgt zusammen $2^1/_2$ cm Länge, $1^1/_2$ cm Breite. Bei entspannter Trizepssehne sind die Knochenstücke beweglich, sowohl auf der Unterlage als auch gegeneinander. Bei angespannter Trizepssehne werden sie fixiert. Bei gestrecktem Arm erreichen sie das Olecranon ulnae nicht. Bewegungsbehinderungen im Ellbogengelenk bestehen nicht, die Kraft ist in beiden Armen annähernd gleich.

Die Röntgenaufnahme zeigt zwei ungefähr kirschkerngroße, nach dem Humerus zu etwas abgeplattete Knochenstücke, oberhalb des Olecranon ulnae, zwischen denen sich ein etwas über stecknadelkopfgroßer, runder, strukturloser Schatten befindet. Bei verschiedener Stellung des Ellbogengelenkes ändern die Knochenstücke ihre Lage zueinander und zum Olecranon ulnae nicht.

Bei Vergleichung mit dem Ellbogengelenk des gesunden Armes zeigt sich, daß die Konturen der oberen Spitze des linken Olekranon nicht so scharf sind, wie die am rechten Arm. Außerdem findet sich dort eine kleine Einbuchtung.

Anscheinend wurden bei dem vor zwei Jahren erlittenen Unfalle einige kleine Periostknochenstückchen vom Olecranon ulnae abgesprengt, die dann in der Trizepssehne diese Knochenbildung bewirkt haben.

Literatur.

Kienböck, „Ellbogenscheibe" („Patella cubiti") und Olekranonfraktur. Fortschritte a. d. Gebiet d. Röntgenstrahlen, 1914, Band XXII, Heft 1.

Katz, „Ein Fall von ‚Ellbogenscheibe', ‚Patella cubiti'." (Med. Klinik 1915, Nr. 36.)

Orthodiagraphische Messungen des Herzens und des Aortenbogens bei Herz-Gesunden.

Von

Karl Frhr. v. Teubern

(Assistent der medizinischen Universitäts-Poliklinik in Bonn), z. Z. Oberarzt im Felde.

Als Stationsarzt der Röntgenabteilung eines großen Infektions-Genesungsheims hatte ich bei einer großen Anzahl von Soldaten Röntgen-Herzuntersuchungen vorzunehmen und habe auf Anregung meines Chefs und Lehrers, Prof. Paul Krause dabei u. a. von 272 Offizieren und Mannschaften, die frei von Herzbeschwerden waren und ein funktionell leistungsfähiges Herz zeigten, Herz-Orthodiagramme aufgenommen. Die Leute waren fast durchweg Genesende nach Typhus, Paratyphus, Ruhr oder infektiösen Darmkatarrhen.

Man könnte von vornherein Bedenken haben, ein solches Menschenmaterial zu Vergleichsherzmessungen heranzuziehen in Anbetracht der unlängst überstandenen, zehrenden und das Herz angreifenden Krankheit. Indes erweisen die Durchschnittsgewichte in meinen Tabellen, daß der Körperzustand der Leute den gewohnten Durchschnittsbegriffen erwachsener Männer entspricht, zumal körperlich sehr abgekommene Rekonvaleszenten nicht herangezogen wurden. Andererseits wurden sorgfältig objektive und subjektive Herzanomalien, besonders die sehr häufige posttyphöse Tachykardie berücksichtigt und aus den Vergleichsmessungen ausgeschaltet, sodaß man wohl dem Untersuchungsmaterial die Vergleichsberechtigung nicht absprechen kann.

Die Röntgenuntersuchungen wurden mit einem Reiniger, Gebbert & Schall-Idealapparat am Groedelschen Orthodiagraphen sämtlich im Sitzen ausgeführt bei unbeeinflußter mittlerer Atmung; es wurden nach Möglichkeit die diastolischen Herzumrisse festgelegt. Berücksichtigt wurden bei der Herzmessung der Einzelnen: Lebensalter, Körpergröße, Gewicht, Beruf, Dauer des bisherigen Frontdienstes, früher betriebener Sport, Alkohol- sowie Nikotin-Übergenuß. Letztere beide Punkte ergaben keine verwertbaren Resultate, da naturgemäß die Angaben zu unsicher waren.

Die Ausmessung des Orthodiagramms geschah entsprechend den allgemein angenommenen Methoden:

Medianabstand rechts	Mr.
„ links	Ml.
Transversaldimension	T.
Längsdurchmesser	L.

Die Messung des Breiten-Durchmessers als Summe des unteren und oberen Querabstands wurde ebenfalls in einer Reihe der Fälle ausgeführt. Jedoch fand ich sehr viele Herzfiguren, wo diese Messung auf Schwierigkeiten stieß, wo besonders der obere Querabstand ganz willkürlich hätte angesetzt werden müssen, wenn der linke Ventrikelrand ohne Absatz in den linken Vorhofs- oder den Pulmonal-Bogen überging. Auch der untere Querabstand ist oft

unsicher zu bestimmen, wie der Übergangspunkt des rechten in den unteren Herzrand. Oftmals, zumal bei steilgestelltem Herzen, ist der rechte Herzzwerchfellwinkel durch die Vena cava inf. verschattet, und man könnte dann den Übergangspunkt in den unteren Herzrand ganz willkürlich wählen. Ich habe darum, dem Beispiele Groedels folgend, die Herzbreitenmessung unberücksichtigt gelassen, desgleichen die von Moritz vorgeschlagene Herzflächenmessung, wo sowohl der obere wie der untere Herzrand vom Untersuchenden freihändig ergänzt werden müssen.

Ich habe bei allen Orthodiagrammen eine Messung des Aortenschattens versucht, da das auffallend wechselnde und ich möchte fast sagen häufig atypische Bild der Aorta uns die Notwendigkeit auferlegt, den Begriff des Normalen genauer festzulegen, wenn möglich zahlenmäßig, um daran die krankhaften Bilder zu messen. Ich komme auf das Aortenbild später zurück; ich habe folgende Maße angesetzt:

Aortenlängsdurchmesser AL = Verbindung des Übergangspunktes des rechten Vorhofsbogens (inkl. Herzohr) in den rechten Gefäßbogen mit dem entferntesten Punkt des linken Aortenbogens (Aortenknopfes) siehe Fig. 1.

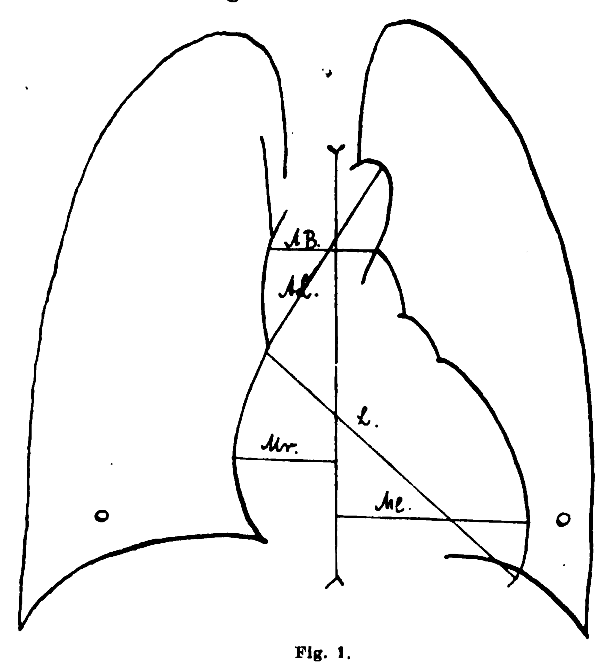


Fig. 1.

Ich bin mir dabei wohl bewußt, daß in zahlreichen Fällen der rechte Meßpunkt von AL gar nicht von der Aorta berührt wird, da, wo die obere Hohlvene randbildend ist. Indes 1) sprechen meine zahlreichen Durchleuchtungen dafür, daß in der Mehrzahl der Fälle zum mindesten der untere Teil des rechten Gefäßbogens von der aufsteigenden Aorta gebildet wird, worauf ich bei Besprechung des Aortenbildes zurückkommen werde, 2) läßt sich in Fällen randbildender oberer Hohlvene häufig die stärker schattengebende Aorta ohne Schwierigkeiten differenzieren, in welchen Fällen dann der rechte Meßpunkt von AL am Aortenvorhofswinkel anzulegen wäre, 3) bedeutet es eine nur unwesentliche Verlängerung von AL, wenn die Messung den schmalen Hohlvenenschatten mit inbegreift.

Jedenfalls ist der Aortenlängsdurchmesser ein sicheres Herzmaß, das in Gemeinschaft mit dem Aortenbreitenmaß einen Anhaltspunkt für die Gestaltung der Aorta zu geben vermag. Die Breite des Aortenbogens, die von anderer Seite an der Gefäßwurzel gemessen wird, habe ich wie Zehbe[1]) am Übergangspunkt des linken Aortenbogens in den Pulmonalbogen durch eine Horizontale gemessen (siehe Fig. 1):

Aortenbreite = AB.

Dieses Maß ist natürlich weniger sicher, einmal, weil oft der rechte Aortenbogen nicht randbildend ist und in solchen Fällen die Vena cava mitgemessen wird; indes ich wiederhole, daß in vielen Fällen zwanglos der aufsteigende Aortenbogen vom Venenschatten zu unterscheiden ist. Ein weiterer Nachteil von AB liegt in dem wechselnden Verhalten des Pulmonalbogens. Eine Erweiterung des Pulmonalbogens schiebt den linken Meßpunkt für die Aortenbreite in der Regel in die Höhe.

Ich erkenne also die Schwächen der Aortenmessung wohl an, weiß auch, daß manche

[1]) Zehbe: Beobachtungen am Herzen und an der Aorta. D. med. W. 1916, Nr. 11.

krankhafte Beschaffenheit der Aorta durch die Maße nicht gefaßt wird — siehe Fig. 2 —, wo die Aortenmaße trotz der beträchtlichen Veränderung der Aorta keine Vergrößerung anzeigen. Der Zweck meiner Aortenmessung wird indes dadurch nicht zu sehr beeinträchtigt. Es soll dadurch in erster Linie für das Normal-Orthodiagramm des Aortenbogens ein Schema gefunden werden, ein auf große Untersuchungsreihen gestütztes Durchschnittsbild, und an der Hand von Maßzahlen die Gestaltung der Aorta unter den verschiedenen Voraussetzungen studiert werden.

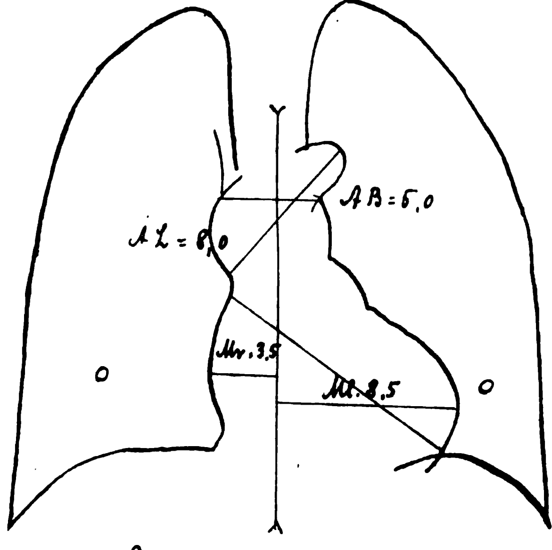


Fig. 2.

Die von mir untersuchten Leute — alles Soldaten — entstammen den Altersklassen von 17—43 Jahren, und zwar waren:

zwischen 17 und 20 Jahren 46 Mann
„ 21 „ 30 „ 126 „
„ 31 „ 40 „ 97 „
„ 41 „ 45 „ 3 „ (bleiben unberücksichtigt).

Es wurden folgende Herzmaße gewonnen:

Tabelle 1.

Alter	Durchschnittsgröße cm	Durchschnittsgewicht kg	Anzahl der Untersuchungen	Mr	Ml	T	L	AL	AB
17—20 Jahre	157	55,8	4	3,8	7,6	11,4	12,7	7,8	4,4
	166	63,9	15	4,2	8,2	12,4	13,2	8,3	4,7
	174	68,0	19	4,2	8,3	12,5	13,9	8,6	4,7
	183	71,8	3	4,1	7,3	11,4	13,8	8,9	4,8
	186	70,0	4	4,6	7,7	12,3	14,0	8,5	4,3
Durchschnitt	173	66,0	45	4 2	7,8	12,0	13,4	8,4	4,6
21—30 Jahre	157	58,8	15	3,6	8,4	12,1	12,9	7,7	4,6
	166	65,5	45	4,2	8,0	12,3	13,4	8,2	4,6
	174	71,9	51	4,1	8,3	12,3	13,4	8,4	4,4
	183	70,9	8	4,2	7,7	11,9	13,8	8,7	4,3
	189	80,8	7	4,2	8,0	12,2	13,1	9,5	4,5
Durchschnitt	174	70,0	126	4,1	8,1	12,2	13,3	8,5	4,5
31—40 Jahre	148	55,2	2	3,2	9,0	12,2	13,5	7,8	4,5
	155	59,2	17	4,0	8,1	12,1	13,1	8,3	4,6
	166	65,7	34	3,8	8,1	12,1	13,2	8,7	4,7
	174	73,8	26	4,1	8,5	12,6	13,6	9,4	4,8
	183	75,8	11	3,9	8,4	12,3	14,2	9.8	4,9
	189	74,7	7	4,5	7,7	12,3	13,6	11,1	4,7
Durchschnitt	169	68,0	97	3,9	8,3	12,2	13,5	9 2	4,7

Die Minimal- und Maximal-Werte für die einzelnen Herzmaße in den Untersuchungsreihen schwanken in weiten Grenzen. In den einzelnen Altersklassen waren folgende die extremsten Zahlen — unter der Reihe der klinisch Herzgesunden (siehe Tab. 2).

Tabelle 2.

Alter		T	L	AL	AB
17—20 Jahre	Minimum	10,7	12,0	6,4	3,5
	Durchschnitt	12,0	13 4	8,4	4,6
	Maximum	14,3	16,0	9,5	5,7
21—30 Jahre	Minimum	10,0	11,5	6,3	3,5
	Durchschnitt	12,2	13,3	8,5	4,5
	Maximum	14,5	15,7	11,3	6.0
31—40 Jahre	Minimum	10,2	11,5	7,0	3,8
	Durchschnitt	12,3	13,5	9,2	4,7
	Maximum	14,6	16,0	13,0	6,0

Die größten Schwankungen zeigt demnach der Aortenlängsdurchmesser. Es soll darauf später eingegangen werden; ziemlich gleichmäßig ist die Aortenbreite.

Tabelle 3.

Zusammenstellung der größten Herzorthodiagramme.

T = 14 oder mehr.

Nr.	Alter Jahre	Größe cm	Gewicht kg	Monate Feld-dienst	Sport, schwere Arbeit, Nikotin, Alkohol	Beruf	Mr	Ml	L	AL	
136	20	171	69,0	4	Sp ++	Maler	4,5	9,5	14,0	9,0	Hypertrophie
142	20	172	85,0	5	Sp + N +	Arbeiter	4,0	10,0	15,0	9,0	l. Ventr. hyp.
20	20	170	71,0	2	Sp + N +	Tischler	4,3	10,0	15,0	9,4	Hypertrophie
61	18	186	75,0	14	Sp ++ N +	Schüler	4,6	10,5	16,0	7,9	Hypertrophie
218	20	172	80,0	13	Arb +	Bauer	4,5	9 8	14,8	7,5	Hypertrophie
112	25	172	72,5	6	Sp ++ N +	Maurer	4,9	10,0	15,0	9,5	Hypertrophie
154	21	177	68,0	2	Arb ++	Müller	5,0	9,0	14,0	9,0	Hypertrophie
163	22	185	85,0	0	Sp ++	Stud. med.	4,5	9,5	15,7	9,8	Hypertrophie
272	24	185	84,0	14	Sp +	Kaufmann	5,0	9,0	14,0	9,3	Hypertrophie
178	25	178	81,5	2	Arb ++	Bauer	4,0	10,5	15,0	8,0	quergelagert
193	25	175	75,0	10	Arb +	Bauer	5,5	9,0	15,0	9,0	Hypertrophie
62	33	185	85,0	26	Arb + N +	Arbeiter	4,0	10,0	15,0	8,6	Hypertrophie
133	37	176	77,5	4	Arb + N +	Mechaniker	5,0	9,5	15,0	9,5	Hypertrophie
92	41	174	82,0	6	Alk ++ N ++	Kaufmann	4,0	11,0	16,5	9,0	Adipositas
160	40	173	78,5	3	Arb +	Bauer	3,2	11,4	16,0	10,0	l. V. hyp
161	37	173	84,0	1		Bäcker	5,0	9,0	15,0	10,0	Hypertrophie

Es handelt sich in fast allen Fällen dieser Reihe (Tab. 3) um Herzhypertrophien — vorwiegend des linken Herzens (vgl. Ml). Die Leute sind durchweg von mittlerer Größe 170—186 cm, sind entweder Sportsleute oder Schwerarbeiter.

Man hat keinen Grund, derartige Herzvergrößerungen, die von keinerlei Krankheitserscheinungen begleitet sind, ins Bereich des Pathologischen zu rechnen. Der Durchschnittswert für Mr beträgt nach meinen Maßen (Tab. 1) 4,1, für Ml 8,1 cm. Ich fand Mr größer als 4,5, d. h. das Herz nach rechts verbreitert in 52 von 272 Fällen, d. i. in 19%, Ml größer als 8,5, d. i. Herz nach links verbreitert in 89 von 272 Fällen, d. i. in 32%.

Eine Zusammenstellung auffallend kleiner Herzen gibt Tab. 4.

Tabelle 4.

T kleiner als 11.

Nr.	Alter Jahre	Größe cm	Gewicht kg	Monate Felddienst	Sport, Arbeit, Nikotin, Alkohol	Beruf	Mr	Ml	L	AL
33	20	183	66	11		Schreiber	3,7	7,1	12,8	9,4
91	19	156	54	2		Arbeiter	3,2	7,5	12,5	7,0
216	20	159	56	1		Schneider	3,8	7,0	13,0	8,0
2	24	164	60,1	17	Sp +	Tischler	2,9	7,7	12,5	7,0
102	24	180	75	12	Arb +	Landwirt	3,5	6,5	13,0	8,5
119	21	154	54	10		Dachdecker	2,5	8,0	12,0	7,0
224	21	170	65	20	Arb +	Zuschläger	4,0	6,5	12,0	10,5
253	23	173	57,5	5		Kaufmann	4,0	6,5	12,0	9,0
183	27	159	55,5	5		Architekt	3,0	7,5	12,0	7,3
190	27	178	65,0	9		Lehrer	3,8	6,8	13,5	9,8
267	21	182	60,8	4	Sp +	Kaufmann	3,8	6,2	12,5	8,5
82	39	170	65	5	Arb +	Maurer	3,7	6,7	11,5	9,3
86	32	165	65	5	Arb +	Schreiber	4,0	6,6	12,1	8,0
168	32	193	73	22		Künstler	3,8	7,0	13,5	10,0
260	33	159	71,5	8		Schreiber	4,0	6,8	13,0	10,5
60	37	166	60	14	Alk ++ N +	Gastwirt	3,2	7,0	12,5	8,0
186	40	181	65,0	1		Bürovorstand	3,5	7,4	13,5	10,0

Bei den Leuten mit kleinen Herzen überwiegen, wie die Tabelle lehrt, die leichten Berufe; die Körpergröße schwankt bei ihnen in weitem Umfange, es sind alle Größen zwischen 1,54 m und 1,93 m vertreten. So kleine Herzen stehen natürlich an der Grenze des Normalen. In-

dessen haben die Leute alle die militärische Ausbildung und mehrere Monate Felddienstes beschwerdelos ertragen, also eine Probe der Leistungsfähigkeit abgelegt. In manchen Fällen mag die Herzkleinheit nur eine scheinbare sein, insbesondere bei den großen schlanken Leuten mit schmalem Thorax, deren Herz steilgestellt ist und teilweise im Zwerchfellschatten untertaucht. Es trifft dies indes keinesfalls für die Mehrzahl der aufgeführten Fälle zu. Man muß also den Spielraum für die Größe des gesunden Herzens außerordentlich weit fassen.

Tabelle 5.

Zusammenstellung der Herzdurchschnittsmaße nach Körpergröße.

Durchschnitts-größe cm	Anzahl der Untersuchungen	Altersklasse Jahre	Durchschnitts-gewicht kg	T	L	AL
148	2	31—40	55,1	12,2	13,5	7,8
155	17	31—40	59,1	12,1	13,1	8,3
157	4	17—20	55,8	11,4	12,7	7,8
157	15	21—30	58,8	12,1	12,9	7,7
166	15	17—20	63,9	12,4	13,2	8,3
166	45	21—30	65,0	12,3	13,4	8,2
166	34	31—40	65,7	12,1	13,2	8,7
174	19	17—20	68,0	12,5	13,9	8,6
174	51	21—30	71,9	12,3	13,4	8,4
174	26	31—40	73,8	12,6	13,6	9,4
183	3	17—20	71,8	11,4	13,3	8,9
183	8	21—30	70,9	11,9	13,8	8,7
183	11	31—40	75,6	12,3	14,2	9,8
186	4	17—20	70,0	12,2	14,0	8,5
188	7	21—30	80,8	12,2	13,1	9,5
189	7	31—40	74,7	12,3	13,6	11,1

Dem angefügt seien die Herzmessungen von 17 außergewöhnlich großen Leuten (185,5 cm und mehr):

Tabelle 6.

Nr.	Alter Jahre	Größe m	Gewicht kg	T	L	AL	AB	Besonderes (Sp = Sport, N = Nikotin)
43	17—20	1,86	66,0	11,2	13,5	7,6	3,5	Bürobeamter
61	„	1,86	75,0	15,1	16,0	7,9	5,0	Sp ++ N +
104	„	1,86	69,0	11,0	13,0	9,5	4,5	Sp ++ Schüler
270	„	1,87	70,0	11,5	13,3	8,8	4,3	Arb +
272	21—30	1,86	84,1	14,0	14,0	9,3	5,0	Sp +
164	„	1,86	82,0	13,0	13,5	10,0	4,8	Sp ++
155	„	1,87	84,7	12,0	13,0	9,5	4,0	Arb +
251	„	1,87	80,0	11,2	13,5	10,0	4,0	Straßenbahnführer
167	„	1,88	75,5	11,6	12,0	9,5	4,8	Sp + Kaufmann
75	„	1,90	82,5	12,6	13,0	9,2	5,0	Oberlehrer
249	„	2,03	82,0	11,0	13,0	9,0	4,2	Landwirt
166	31—40	1,86	78,0	13,0	14,5	13,0	5,0	Lithograph
271	„	1,86	78,0	13,0	13,2	10,0	5,5	N + Eisenbahner
252	„	1,87	68,0	11,5	13,0	11,0	5,0	Asthenia posttyphos.
157	„	1,88	72,6	13,1	14,0	11,0	5,2	Kaufmann
268	„	1,90	72,5	13,8	14,0	10,0	5,0	Arb +
63	„	1,91	80,0	11,7	13,0	13,0	4,0	Arb +

Die Größenzusammenstellung (Tab. 5) bringt Durchschnittskörpergrößen von 1,48 m bis 1,89 m; im Gegensatz zur ansteigenden Körpergröße ist ein Zunehmen der Herzgröße (durch T. u. L. zum Ausdruck gebracht) nicht festzustellen; vielmehr verharrt das Maß der Transversaldimension für alle Größenklassen auf der gleichen Höhe um 12 cm herum, der Längsdurchmesser (entsprechend seiner Unsicherheit in etwas breiteren Schwankungen) um 13 cm bis 13,5 cm herum. Ein analoges Resultat ergibt die Tabelle 6, wo bei den 17 sehr großen Leuten im Durchschnitt T = 12,3 und L = 13,5 beträgt bei einer Durchschnittskörpergröße von 1,89 m.

Tabelle 7.

Durchschnittswerte für Orthodiagramme nach Körpergewicht geordnet:

Gewicht kg	Anzahl der Mannschaften	Größe cm	T	L	AL
50—55,9	14	156	11,6	12,8	7,9
56—60,9	28	163	11,8	13,2	8,2
61—65,9	64	168	12,1	13,4	8,4
66—70,9	64	172	12,1	13,3	8,6
71—75,9	55	176	12,7	13,6	9,0
76—80,9	25	174	12,6	13,8	9,1
81—85,9	15	182	13,2	14,2	9,4

Tabelle 8.

Dasselbe verteilt auf die einzelnen Altersklassen:

Alter Jahre	Gewicht kg	Anzahl	Größe cm	T	AL
17—20	53,2	4	157	11,4	7,7
"	57,2	6	164	12,1	8,4
"	63,2	12	172	12,3	8,0
"	68,5	12	176	11,8	8,4
"	72,4	8	177	13,2	9,1
"	77,9	3	178	12,6	8,3
21—30	54,0	6	158	11,7	7,8
"	58,7	11	168	11,2	8,1
"	63,2	29	166	12,2	8,3
"	68,8	29	171	12,2	8,5
"	73,4	31	176	12,5	8,7
"	77,9	10	174	12,5	8,5
"	82,7	9	185	13,0	9,1
31—40	52,8	4	152	11,7	8,5
"	58,4	11	158	12,1	8,0
"	63,7	22	166	11,8	8,9
"	67,9	23	170	12,3	8,9
"	73,5	16	175	12,3	9,2
"	78,5	12	180	12,8	10,6
"	83,0	6	179	13,3	9,7

Im Gegensatz zur Größenzusammenstellung bringen die nach Körpergewicht geordneten Tabellen (7 u. 8) eine ziemlich konstante Zunahme der Herzbreite mit höherem Körpergewicht.

Man kann direkt von einem Abhängigkeitsverhältnis der Herzgröße vom Körpergewicht sprechen, wofür folgende Zusammenstellung (Tabelle 9) überzeugend spricht.

Tabelle 9.

Zusammenstellung a) relativ (d. h. im Verhältnis zur Körpergröße) sehr leichter Leute, b) relativ (d. h. im Verhältnis zur Körpergröße) sehr schwerer Leute.

	Anzahl	Durchschnittsgröße cm	Durchschnittsgewicht kg	T	L	AL
a)	40	1,77	63,5	11,8	13,8	8,8
b)	24	1,69	74,4	13,0	13,9	8,9

Die Durchschnittsgröße sämtlicher 272 Untersuchten beträgt 1,72 m; ihr Durchschnittsgewicht 68,0 kg. Es entspricht dieses Verhältnis dem bei diensttuenden Soldaten üblichen.

Auf Grund obiger Zusammenstellungen glaube ich, daß die bisher geltenden Ansichten (Dietlen, Grödel, Arnsperger u. a.), daß die Orthodiagrammmaße des Herzens eine der Körpergröße ziemlich proportionale Steigerung erfahren, einer gewissen Einschränkung bedürfen. Tatsächlich muß ja das Herz eines großen

Mannes mehr Blut fassen und eine größere Arbeit leisten als das einen kleinen. Indes sind augenscheinlich andere Momente — wie eben das Körpergewicht, Konstitution, Art der Lebensweise und Beschäftigung — von so wesentlich größerem Einfluß auf die Herzgestaltung, daß die physiologische Mehrarbeit bei längerem Körperbau kaum zur Geltung kommt. Wie man aus den nach Körpergröße geordneten Tabellen 5 u. 6 ersehen kann, sind die größten Leute meines Untersuchungsbereiches durchweg relativ leichter als die kleineren, was also nach den obigen Ausführungen die in beiden Fällen annähernd gleichen Herzgrößenmaße leicht verständlich erscheinen läßt.

Zudem ist meistens bei großen Leuten mit langem schmalem Thorax das Herz steiler gestellt, erscheint daher in sagittaler Durchleuchtung schmal, ohne eigentlich flächenkleiner zu sein.

Von den zur Herzmessung untersuchten Leuten gehörten 102 Mann zu schwer arbeitenden Berufen.

Eine Zusammenstellung ergibt:

Tabelle 10.

a) Schwerarbeiter.

Alter Jahre	Anzahl	Größe cm	Gewicht kg	T	AL
17—20	15	168	65,2	12,5	8,2
21—30	36	171	70,0	12,6	8,7
31—40	51	169	69,0	12,4	9,1
Summa	102	169	68,1	12,5	8,7
b) Leichtarbeiter.					
17—20	30	178	66,6	11,5	8,6
21—30	90	177	69,0	11,8	8,3
31—40	46	169	65,8	12,2	9,3
Summa	166	175	67,1	11,8	8,7

Man sieht in allen 3 Altersklassen größere Herzdurchschnittsbreitenmaße bei den Schwerarbeitern.

Von den 250 der Untersuchten waren

101 Mann mehr als 9 Monate im Frontdienst gewesen
149 „ 9 „ und weniger.

Die Durchschnittsmaße ergaben folgende Zusammenstellung:

Tabelle 11.

a) über 9 Monate Felddienst.

Alter Jahre	Anzahl	Größe cm	Gewicht kg	T	AL
17—20	9	176	70,6	12,5	8,6
21—30	54	169	69,1	12,4	8,5
31—40	38	171	69,8	12,3	8,8
Summa	101	172	69,8	12,4	8,6
b) 9 Monate und weniger Felddienst.					
17—20	37	170	64,9	12,2	8,1
21—30	58	171	68,4	12,3	8,1
31—40	54	168	67,4	12,3	9,2
Summa	149	170	66,9	12,3	8,5

Ein merklicher Einfluß langen Frontdienstes auf die Herzgröße kommt darnach in diesem Untersuchungsbereich nicht zum Ausdruck. Es sei allerdings bemerkt, daß die Leute alle der Westfront angehörten, also dem Stellungskrieg entstammten, im allgemeinen an größeren Dauermarschleistungen nicht teilgenommen hatten, anderseits aber doch die anstrengendsten Kämpfe der Westfront durchgehend mitgemacht hatten.

Es ist dieser Punkt von großer praktischer Bedeutung. Ich maße mir auf Grund meiner Untersuchungen darüber noch kein Urteil an; vielmehr müßten dem ins einzelne gehende Feststellungen über die individuellen Einzelleistungen zugrunde gelegt werden.

Immerhin mahnen meine Ergebnisse zu großer Vorsicht und Zurückhaltung in dieser entscheidungsschweren Frage.

50 von 272 Untersuchten gaben an, früher längere Zeit Sport getrieben zu haben: Leichtathletik, Rudern, Turnen, sportliches Radfahren, Fußballkämpfe usw.

Tabelle 12.

Herzmaße bei Sporttreibenden.

Alter Jahre	Anzahl der Untersuchten	Durchschnitts-größe cm	Durchschnitts-gewicht kg	T	L	AL
17—20	15	175	69,2	12,6	14,1	8,4
21—30	30	174	68,7	12,0	13,3	8,6
31—40	5	174	66,3	11,8	13,6	8,6
17—40	50	174,5	68,1	12,3	13,7	8,5

Diese Zusammenstellung ergibt als Resultat nur eine geringe Vergrößerung des orthodiagraphischen Herzdurchschnittsmaßes. Eine stärkere Herzhypertrophie bringt wohl nur der systematisch betriebene Sport mit sich, zumal in den Entwicklungsjahren.

Ich vergleiche nun die gefundenen Herzdurchschnittsmaße mit den in den Dietlenschen und Groedelschen Tabellen niedergelegten; Dietlen bringt Horizontal-, Groedel Vertikalorthodiagramme; meine vertikalen sind im Sitzen aufgenommen. Auf die Streitfrage, ob horizontal oder vertikal die richtigsten Werte gefunden werden, gehe ich nicht ein; sie ist genügend diskutiert; die Resultate beider Methoden zeigen — wie bekannt — nur geringe Differenzen, sodaß Vergleiche wohl angestellt werden können. Einen wesentlichen Unterschied zwischen den stehend — und den im Sitzen aufgenommenen Orthodiagrammen konnte ich in zwölf vergleichsweise aufgenommenen Fällen nicht feststellen.

Tabelle 13.

Vergleiche: Dietlen: erwachsene Männer (über 20 Jahre)
v. Teubern: „ „ (zwischen 21—40 Jahre).

	Alter Jahre	Durchschnitts-größe cm	Durchschnitts-gewicht kg	Mr	Ml	T	L
Dietlen	20—29	168	62,0	4,2	8,6	12,9	14,2
v. Teubern	21—30	174	69,5	4,1	8,7	12,2	13,3
Dietlen	30—39	169	64,0	4,2	8,7	12,9	14,2
v. Teubern	31—40	169	67,4	3,9	8,3	12,3	13,5

Tabelle 14.

Vergleiche nach Größenklassen (Männer erwachsen) Dietlen: über 20 Jahre
v. Teubern: zwischen 21 u. 40 Jahre.

	Durchschnitts-größe cm	Anzahl der Untersuchten	Durchschnitts-alter Jahre	T	L
Dietlen	151 (145—154)	—	48	12,2	13,4
v. Teubern	151	19	35	12,1	13,3
Dietlen	159 (155—164)	—	24	12,9	14,0
v. Teubern	163	94	31	12,2	13,2
Dietlen	170 (165—174)	—	34	13,1	14,2
v. Teubern	174	77	27	12,5	13,5
Dietlen	182 (175—187)	—	29	13,8	14,9
v. Teubern	183	19	31	12,1	14,0

Tabelle 15.

(Nach Gewichtsklassen.)

	Durchschnittsgewicht kg	Durchschnittsgröße cm	Durchschnittsalter Jahre	T	L	Anzahl der Untersuchten
Dietlen	50—54	161	27	12,4	13,5	—
v. Teubern	50—55,9	156	26	11,6	12,8	14
Dietlen	55—59	164	30	12,9	14,0	—
v. Teubern	56—60,9	163	27	11,8	13,2	28
Dietlen	60—64	167	26	13,1	14,1	—
v. Teubern	61—65,9	168	27	12,1	13,4	64
Dietlen	65—69	169	30	13,2	14,5	—
v. Teubern	66—70,9	172	27	12,1	13,3	64
Dietlen	70—74	174	31	13,4	14,8	—
v. Teubern	71—75,9	176	31	12,7	13,6	55
Dietlen	75—79	179	22	14,3	15,5	—
v. Teubern	76—80,9	174	28	12,6	13,8	25
Dietlen	80—84	185	25	14,4	15,5	—
v. Teubern	81—85,9	182	28	13,2	14,2	15

Tabelle 16.

Vergleiche mit F. Groedels Maßen:

Groedel: Männer erwachsen (über 20 Jahre)

v. Teubern: „ zwischen 21 bis 40 Jahre.

	Größe	T	L
Groedel	145—154	13,1	12,9
v. Teubern	151	12,1	13,3
Groedel	155—164	13,0	13,9
v. Teubern	163	12,2	13,2
Groedel	165—174	13,2	14,0
v. Teubern	174	12,5	13,5
Groedel	175—185	13,2	14,2
v. Teubern	183	12,1	14,0

Ein Vergleich der Unerwachsenen würde falsche Vergleichswerte geben insofern, als sowohl Dietlen wie Groedel darunter die Jahre 15—20 zusammenfassen, ich 17—20 Jahre.

Wie aus den Vergleichstabellen mit großer Regelmäßigkeit hervorgeht, zeigen meine Durchschnittsherzmaße in allen Größen und Gewichtsklassen für die Transversaldimension und den Längsdurchmesser konstant kleinere Werte, als sowohl Dietlens wie Groedels Maße. Meine Untersuchungen, die nur erwachsene Männer umfassen, stellen freilich nur einen Teilausschnitt aus den Gesamtherzmessungen dar. Indes genügen dieselben, um in ihrem Bereich die bisher geltenden Mittelwerte zu korrigieren. Und ich glaube, sie werden manchem Untersucher, dem seine von den geltenden Durchschnittswerten abweichenden Orthodiagrammmaße manches Nachdenken bereitet haben, willkommen sein.

Mancher wird fragen, was haben diese Zahlen und Durchschnittsmessungen für einen Zweck! In seinem jüngsten Grundriß der Röntgendiagnostik innerer Krankheiten schreibt Munk (S. 49), daß die Orthodiagraphie des Herzens heute bei weitem nicht mehr die Bedeutung habe wie zu Beginn der Herzröntgenographie und daß sie heute für die Praxis entbehrlich sei und vor einfacheren Apparaturen in den Hintergrund trete. Ich möchte dem widersprechen!

Man verwertet und beurteilt wohl heutzutage die orthodiagraphischen Herzmaße anders als früher, man bedarf ihrer aber zu gründlicher Herzdiagnostik genau wie früher. Natürlich

3. V. Über dem linken Unterlappen breitet sich der bronchiale Atmungscharakter aus; über der rechten Lunge sind die akuten Erscheinungen im Abklingen. Jedoch nimmt der Kräfteverfall zu und das Herz beginnt zu versagen.

7. V. Exitus letalis.

Der von Herrn Prosektor Dr. Zeman aufgenommene Obduktionsbefund der Lunge ergab: Beide Lungen stark vergrößert. Im rechten Pleuraraum etwas klare Flüssigkeit. Die rechte Lunge emphysematös gebläht; etwas kapilläre Bronchitis. Rechts vergrößerte Hilusdrüsen. Über der linken Lunge vorne vom Hilus ausgehende fibröse, gegen die Peripherie abnehmende dichte Schwarte; in den unteren hinteren Anteilen mäßige Verwachsungen der Pleurablätter. Beim Herausnehmen der Lunge zeigt sich der Ösophagus an die Trachea oberhalb der Bifurkation dicht angewachsen und das Zellgewebe verkürzt. Die Trachea selbst im unteren Anteil stenosiert, voll von Narben und Ulzerationen, die in den linken Hauptbronchus und dessen größere Verzweigungen sich fortsetzen und durch Narbenkontrakturen in Form von vorspringenden Leisten und Wulstungen denselben verengen. Von hier kommt man in einen größeren Hohlraum, der mit dickem, blutigschleimig eitrigen Sekret angefüllt ist. Die vom Hilus gegen die Peripherie eingeschnittene Lunge zeigt nach Entfernung des Sekrets mehrere infolge ulzeröser Wandveränderung der Bronchien enstandene größere und kleinere bronchiektatische Kavernen, die sich an den Hohlraum anschließen. Außerdem diffuse interstitielle Wucherungsprozesse im unteren Anteil des Oberlappens und oberen des Unterlappens. Einzelne gummöse Herde im mittleren Teil, pneumonische Anschoppung im unteren Teil des Unterlappens. Emphysem der linken Spitze.

Diese schweren Veränderungen erklären vollauf den Mißerfolg der zu spät eingeleiteten Therapie.

Das Röntgenbild fand nun folgende Deutung: Die besondere Form des keilförmigen Mittelschattens entsprach der dichten pleuritischen Schwarte plus den verdickten Bronchialwänden und den mit Sekret gefüllten Höhlen. Als ein Teil des Sekretes dieser Höhlen unter dem Einfluß der Therapie durch Abhusten sich entleerte, hellte sich dieser Schatten etwas auf. Durch seine Lage im Niveau der Lungenaffektion entlang den untersten Anteilen des Ober- und obersten des Unterlappens gab er das einem interlobären Exsudat ähnliche Bild, von dem zu unterscheiden man aber hauptsächlich durch seine Form, der Zukehrung der Basis zum Hilus, berechtigt ist. Diese Schattenbildung scheint für die häufigste Form der Lungensyphilis der Erwachsenen, der chronisch interstitiellen sklerosierenden Form mit Bronchiektasien charakteristisch zu sein und einen Fingerzeig für die Diagnosenstellung abgeben zu können; da die Pleuraaffektion sich schon frühzeitig im Niveau der Lungenschwiele auszubilden pflegt, dürfte die Therapie bei Erkennung des Prozesses zu dieser Zeit noch rechtzeitig einsetzen können.

Literatur.

Rieder: Lehrbuch der Röntgenheilkunde, 1913.

M. Groedel: Grundriß und Atlas der Röntgendiagnostik in der inneren Medizin, 1914.

G. Holzknecht: Die röntgenologische Diagnostik der Erkrankungen der Brusteingeweide. Fortschritte a. d. Gebiete d. Röntgenstrahlen. Ergänzungsheft VI.

H. Schlesinger: Handbuch d. Geschlechtskrankheiten, III, 1914; daselbst ausführliche Literatur.

O. Stoerk: Sitzungsber. d. Ges. f. innere Med. 15. II. 1912.

R. Bauer: Sitzungsber. d. Ges. f. innere Med. 14. III. 1912.

K. Kayser: Röntgenologischer Beitrag zur Klinik der Lungensyphilis. Fortschritte a. d. Gebiete d. Röntgenstr., XXII, S. 214.

S. Bauch: A report on two cases of syphilis of the lungs. (Med. record 1916, Vol. LXXIX, S. 806.)

Aus dem Reservelazarett I, Leipzig.

Kasuistischer Beitrag zur Spondylitis typhosa.

Von

Prof. **A. Bittorf,** Oberarzt d. L. II und fachärztl. Beirat.

(Hierzu Tafel XXIV, Fig. c.)

Zu den selteneren Komplikationen des Typhus gehört die Spondylitis typhosa. Sie kann diagnostisch erhebliche Schwierigkeiten bereiten, besonders wenn es sich um eine scheinbar ganz ungewöhnliche Form derselben handelt, wie im folgenden, kurz mitgeteilten Falle.

B. meldete sich in Leipzig auf der Durchreise krank und wurde im Reservelazarett I aufgenommen. Er gab an, anderweit einen Typhus durchgemacht zu haben und seit der Rekonvaleszenz — nähere zeitliche Angaben über das erste Auftreten ließen sich nicht sicher feststellen — bei gewissen Bewegungen linksseitige Rückenschmerzen zu haben. Die Schmerzen waren bei Bettruhe gering, traten dagegen angeblich bei Drehungen und Bewegungen der Wirbelsäule, beim strammen Stehen und Gehen sehr heftig auf. Sie strahlten vom Rücken bis nach der linken Unterbauchseite aus.

Der objektive Befund ergab anfangs: leichteste Temperatursteigerungen, vorübergehend Typhusbazillen im Stuhl.

An der Wirbelsäule und am Nervensystem objektiv nichts sicher Krankhaftes nachweisbar.

Trotz des Fehlens irgendwelcher — auch radikulärer — Symptome, trotz sonstiger, ausgesprochen hysterischer Erscheinungen, wurde bei den so bestimmten Angaben des Kranken sofort an die Möglichkeit des Bestehens einer Spondylitis typhosa gedacht. Das angefertigte Röntgenbild (vgl. Abb.) ergab:

Am 4. Lendenwirbelkörper eine etwas größere und stärkere Aufhellung in dem dem linken Querfortsatz anliegenden Teil, als rechts. Der linke Querfortsatz selbst verbreitert und stark kranialwärts abgebogen.

Es lag demnach eine Abknickung des 4. linken Lendenwirbelquerfortsatzes vor. Die Ursache war zweifellos eine typhöse Spondylitis im basalen Teile des Querfortsatzes, bzw. im dazugehörigen anliegenden Teile des Wirbelkörpers. Der Muskelzug hatte die Abknickung verursacht. So waren die charakteristischen Schmerzen bei bestimmten Bewegungen durch die Muskelbeanspruchung erklärt. Durch längere Bettruhe wurde eine erhebliche Besserung der Beschwerden erzielt.

Der kurze Hinweis zeigt, daß diese (anderwärts auch vorliegenden Fälle) leicht verkannten Klagen, doch trotz negativen Befundes zur richtigen Erkennung führen können, wenn man genau auf Art ihrer Entstehung und ihres Auftretens achtet.

Erleichtert wird die Diagnose, wenn Erscheinungen von seiten des Wirbels (Druckempfindlichkeit usw.) oder der entsprechenden Wurzel hinzutreten.

Kasuistischer Beitrag und einige Bemerkungen zu pathologischer Knochenbildung.

Von

Dr. **Hermann Engels,** Feldarzt, Berlin.

(Tafel XXIV, Fig. d.)

Auch in der jetzigen Zeit mit ihren vielen brennenden Fragen geht man nicht gern achtlos an seltenen, selbst weniger einschlägigen Beobachtungen vorüber. In einem Kriegslazarett des Ostens ist mir gelegentlich einer Begutachtung eine eigenartige Knochenneubildung zu Gesicht gekommen. Ich habe einen ähnlichen Befund weder in meiner Friedensröntgentätigkeit erlebt, noch erinnere ich mich, ihm in einer Veröffentlichung begegnet zu sein. Die Anfrage bei zwei unserer erfahrensten Röntgenologen bestärkt mich, den Fall bekanntzugeben. Immelmann-Berlin sagt mir, ein solches Bild noch nicht zu kennen, Alban Köhler-Wiesbaden schreibt, daß er zweimal Ähnliches gesehen habe, daß aber in dieser Beziehung seines

Wissens wenig veröffentlicht sei, und ermuntert mich dazu unter Zusendung seiner zwei Abzüge. Ich knüpfe an den einfach kasuistischen Bericht einige Bemerkungen über die Entstehungsweise von knochigen Wucherungen.

Die Chirurgen und wir Röntgenärzte haben jetzt wohl alle mehr als im Frieden die mannigfachsten Knochenbildungen frisch entstehen sehen und verfolgen können, ich mehrfach nach kürzester Zeit (6—8 Wochen) in großem Umfang bei leichter Verletzung (Schlag). Es ist oft schwer zu sagen — das eine Mal ähnelte der Befund dem des Reitknochens —, ob ein Zusammenhang mit abgelöstem Periost (bei wenigstens nicht nachweisbarer Knochenbeteiligung!) besteht, oder ob wirklich reine Metaplasie vorliegt. Ich habe für beide Arten ein schönes Beispiel und zweifle nicht daran, daß eine solche Umwandlung unter bestimmten pathologischen Bedingungen auch nach einmaligem Trauma vorkommt. Jedoch überschreitet es den beabsichtigten Rahmen, auf „Myositis“ oder „Periostitis ossificans“ einzugehen. Ich erinnere an die ganze Frage nur, weil mir die Form derartiger Knochenneubildungen als Folge eines irritativen Prozesses auch für unseren Fall erklärend helfen kann — sie füllen (unberücksichtigt, wie entstanden) meist einen vorher bluterfüllten Raum aus oder werden durch das Hämatom gewissermaßen in eine schon präformierte oder neu gesetzte Gewebslücke hineingeleitet. Ich komme darauf zurück.

Ungemein häufiger sieht man aber Exostosen (also pathologische Neubildung im Sinn der physiologischen) nach gröberer Knochenverletzung, auch reponierter Luxation, besonders bei chronisch entzündlicher Veränderung in Gegend des Traumas. Auch hier wieder gehen sie in Gewebsspalten oder halten sich an Muskel, Band, Gelenkkapselansatz, Sehne (z. B. Brachialis int. usw.) — eben an den abgerissenen, vielleicht hochgeschlüpften Teil, die Knochenneubildung strebt ihm vom Periost aus durch den Bluterguß als Weg gewissermaßen nach. In diese Gruppe gehört mein seltener Fall.

B., 23 Jahre, Fleischer, jetzt Armierungssoldat. 1908 Fall vom Pferde, Bruch des rechten Ellbogengelenks, Verrenkung der rechten Schulter. In der Ellenbeuge soll der Knochen durch die Haut gekommen sein. Im Krankenhause wird der Arm in gestreckter Haltung eingegipst, dann mehrfach der Gipsverband, jedesmal in Narkose, in anderer Stellung angelegt. Drei Wochen nach dem Fall auf der Streckseite Einschnitt, Entfernung von Knochensplittern, Eingipsung für acht Wochen. Dann Elektrisier-, Massage- und Übungsbehandlung.

Der rechte Oberarm $2^1/_2$ cm, der Unterarm $^1/_2$ cm schwächer als der linke. Der Unterarm steht in einem Winkel von 120° zum Oberarm, fast völlig proniert. Die Pronation geht nur noch um 10° zu steigern. Die Supination ist um ungefähr 30° behindert. Die Beugung geht aktiv und passiv bis 90°, die Streckung bleibt aber aktiv unverändert bei 120°, ebenso passiv. Die grobe Kraft ist vermindert, so daß Patient für schwere Arbeit Linkshänder geworden ist.

An der Streckseite fühlt man einen knöchernen Fortsatz vom Olekranon nach oben, in dieser Gegend reicht eine Narbe, 2 handbreit oberhalb vom Olekranon beginnend, 3 Querfinger weit nach unten über die Ulna. Die Gelenkenden von Radius und Ulna erscheinen höckrig. Der sehr atrophische Bizeps ist deutlich bis zum Radius zu verfolgen. Von der Vorderfläche des Humerus scheint eine Knochenspange mit nach der Beugeseite konvexem Bogen zur Ulna herüberzureichen und deren Proc. coronoideus zuzustreben. Hier erbsgroße, nicht fixierte Narbe. Die Knochenspange ist außerordentlich empfindlich. Man kann an der Innenseite des Condylus medialis humeri den Finger etwas unter den Knochenbogen schieben. Bei Beugung bewegt sich der untere Teil der Spange mit der Ulna, der obere Teil bleibt mit dem Humerus stehen, und scheint sich zwischen oberem und mittlerem Drittel eine Art Gelenk zu befinden. Der Brachialis int. geht zu dem unteren beweglichen Teil, der feste Teil unter dem Muskel nach oben weiter.

Das Röntgenbild (Aufnahme mit Siemenswagen) zeigt einen Defekt am breiten, ungleichmäßig höckrigen, lose gefügten unteren Gelenkende des Humerus, dicht an den Humerus herantretende Knochenwucherungen am Olekranon und Verbreiterung des oberen Ulnaendes mit Knochenleisten. Die Gelenkflächen von Humerus und Ulna sind unregelmäßig, der Spalt mehrfach unterbrochen, besonders nach dem Olekranonsporn hin aufhörend. Vom vorderen Umfang des Humerus, ungefähr der Gegend oberhalb der Fossae supratrochleares entsprechend, geht ein scharf umrissener, bei 60 cm Entfernung 4 mm dicker, kompakter, gegen den Schaft nicht abgesetzter Knochenbogen herüber zur unteren Begrenzung des Radioulnargelenks, sich unten teilend, wie bei Exostosen so oft: homogen, strukturlos aussehend. Zwischen oberem und mittleren Drittel sieht man eine Unterbrechung des Bogens mit abgerundeten Konturen,

dazwischen leichte Schattenverbindung — wohl Bindegewebe. Vor dem Schirm beobachtet man bei Beugungsversuchen deutliche Bewegungen der Bogenteile gegeneinander —((—, das untere Stück geht mit der Ulna hoch, das obere steht fest, an der Stelle der Unterbrechung entsteht ein Knick — eine Gelenkbildung. Besonders das untere Stück hebt sich im Bild von den Gelenkenden weit ab. Das sagittale Bild zeigt außer kleinen freien Knochenschatten neben der Ulna und den Wucherungen am Humerus nichts für unsere Frage.

Wir haben hier eine seltene Form von Knochenneubildung. Die Lage entspricht der Gelenkkapsel, so daß man wohl annehmen darf, daß diese in ihrem vorderen Umfang durchwachsen ist, in welcher Breite, ist nicht zu sagen. Die Ellbogenkapsel — das Gelenk zwischen Ulna und Capitulum radii ist ja in die Articulatio cubiti mit einbezogen, hat keine besondere Kapsel — ist bei Beugung des Arms an der Vorderseite schlaff (in unserm Fall fixierte Beugestellung!), vom Knochen abgehoben; dies wird erklärt durch den Zug des M. brachialis mit seiner Funktion, stark zu flektieren, dabei zugleich infolge Verwachsung mit der Kapsel Einklemmungen zu verhüten. So ist die weite Entfernung des Bogens von den Gelenkenden zu verstehen, zumal durch die Verletzung (Haut durchbohrt!) auch Verlagerungen eingetreten sein werden. Aus dem freigebliebenen Radiushals muß man schließen, daß nicht die ganze Breite der Kapsel betroffen ist. So erklärt sich auch besser die Entstehung eines Knickes bei Beugung. Der Brachialis nimmt den unteren Teil der nun knochig gewordenen Kapsel mit nach vorn oben — wie normal die faltige. Der obere Teil — der der Einklemmung sowieso nicht ausgesetzt wäre und daher vom Brachialis mehr frei ist — ist als feste Knochenspange an den Humerus gefügt. Die Bindegewebsverbindung der Bogenteile nach Art eines Gelenks würde erklären, warum die Streckung weder aktiv noch passiv gesteigert werden kann, sie lassen sich nicht auseinanderziehen. Natürlich tut der Olekranonstachel sein Übriges.

Ich denke mir die Bildung so entstanden, daß infolge Periostverletzung von beiden Seiten her in die eingerissene Kapsel Knochenleisten wucherten, sie fanden in der Weichteilspalte, in der die Kapsel sich befindet, fältelt, einen vorgebildeten Weg, der durch einen selbstverständlich gleichzeitigen Bluterguß verbreitert war, so gewissermaßen eine Schienung für die Knochenbildung, unter Kalkaufnahme vielleicht auch Material bot. Es entstanden erst kleine dornförmige Auswüchse; nun begann die medikomechanische Behandlung, die Sporne waren gezwungen, einander zuzustreben, sie setzten dabei an ihrer Spitze stets neue Verletzungen, kleinste Reizungen, Blutungen, vergrößerten sich so, bis sie sich beinahe berührten. Die nicht aussetzende Behandlung verhütete ein Zusammenwachsen — Abrundung, Gelenkbildung.

In dem einen von Köhlers Bildern ist nicht zu sagen, ob die Bildung wirklich in der Kapsel liegt. Das andere ähnelt mehr dem meinigen, ich möchte auch die Kapsel verknöchert annehmen, es besteht aber keine Gelenkbildung.

Bei Betrachtung solcher oder ähnlicher Bilder von Exostosen fühlt man sich beinahe versucht, an eine Zweckmäßigkeit, eine Zielstrebigkeit in der Naturheilung zu denken — auch ohne Psyche! Es soll Zerrissenes, Schwaches gefestigt, ein krankes Gelenk z. B. vielleicht gleichsam überbrückt werden. Statt des zum Ersatz nur Benötigten entstehen manchmal exzessive, ja monströse Wucherungen — eine Ausartung unter irgendwelchen Bedingungen wie Reizerscheinungen der Umgebung, Störung durch Behandlung (Massage, zu frühe Belastungen usw.). Die Natur schießt dann an ihrem Ziel weit vorbei. Man wird jedoch mit der Erklärung auskommen müssen, daß es sich um rein irritative Produkte handelt.

Ob wir ärztlich darauf Einfluß haben können, und wie solche Produkte zu behandeln sind, gehört nicht hierher.

Aus der chirug. Klinik des Marienhospitals zu Düsseldorf (Chefarzt Dr. Kudlek).

Ein Fall von Verknöcherung in der Trizepssehne nach Trauma.

Von

Assistenzarzt Dr. **Fiedler.**

(Hierzu Tafel XXIV, Fig. e.)

Verknöcherungen im Bereiche der Trizepssehne werden verhältnismäßig selten beobachtet. Man faßte diese Gebilde früher als Sesambeine auf. Kienböck hat zuerst auf ihren traumatischen Ursprung hingewiesen und veröffentlicht zugleich zwei Fälle, bei denen es sich um eine mit Pseudarthrosenbildung verheilte Fraktur der Epiphysenlinie des Olecranon ulnae handelt. Neuerdings wurde von Katz ein Fall veröffentlicht, bei dem es sich auch um ein größeres Knochenstück in der Trizepssehne handelt, daß Katz auf einen vor 14 Jahren erlittenen Unfall zurückführt.

Bei dem hier zur Beobachtung gekommenen Fall, Patient O., 20 Jahre alt, fanden sich zwei etwa kirschkerngroße Knochenstücke in der linken Trizepssehne, zwischen denen das Röntgenbild einen etwas über stecknadelkopfgroßen, runden, strukturlosen Schatten zeigt. Ein traumatischer Ursprung dieser Knochengebilde ist in unserem Falle mit fast absoluter Sicherheit anzunehmen. Die Vorgeschichte ist folgende:

Vor 2 Jahren fiel Patient zu ebener Erde auf beide Hände. Das rechte Ellbogengelenk wurde dabei gebeugt gehalten; der linke Arm blieb im Ellbogengelenk gestreckt. Kurz nach diesem Falle trat eine starke Schwellung des linken Ellbogengelenkes auf. Bewegungen im Ellbogengelenk waren schmerzhaft. Patient wurde mit Heißluft und Massage behandelt. Nach 10 Wochen normale, schmerzlose Beweglichkeit des Ellbogengelenkes; die Schwellung war vollkommen zurückgegangen. Ungefähr $^1/_2$ Jahr später traten wiederum Schmerzen im linken Ellbogengelenk auf, und zwar bei äußerster Streckung des linken Armes im Ellbogengelenk. Diese Beschwerden haben jetzt allmählich zugenommen.

Der Befund war folgender:

Patient ist mittelgroß, von mäßig kräftigem Körperbau und wenig entwickeltem Fettpolster. Der Allgemeinbefund bot keine Besonderheiten. (Patient war wegen eines Augenleidens hier in Behandlung; die Veränderungen am Ellbogengelenk wurden als Nebenbefund erhoben.) Die Muskulatur beider Arme ist annähernd gleich stark entwickelt.

Der Umfang des Oberarmes beträgt	rechts 24 cm	links 23 cm
„ „ „ Unterarmes, bei herabhängendem Arm, 1 cm unterhalb des Olekranon gemessen	„ $24^1/_2$ „	„ 24 „

Oberhalb des linken Olekranons fühlt man im Bereiche der Trizepssehne, 1 cm vor dem oberen Rande des Olekranons beginnend, zwei sich knochenhart anfühlende Körper, die in der Mitte durch einen in querer Richtung verlaufenden Spalt getrennt sind. Ihre Größe beträgt zusammen $2^1/_2$ cm Länge, $1^1/_2$ cm Breite. Bei entspannter Trizepssehne sind die Knochenstücke beweglich, sowohl auf der Unterlage als auch gegeneinander. Bei angespannter Trizepssehne werden sie fixiert. Bei gestrecktem Arm erreichen sie das Olecranon ulnae nicht. Bewegungsbehinderungen im Ellbogengelenk bestehen nicht, die Kraft ist in beiden Armen annähernd gleich.

Die Röntgenaufnahme zeigt zwei ungefähr kirschkerngroße, nach dem Humerus zu etwas abgeplattete Knochenstücke, oberhalb des Olecranon ulnae, zwischen denen sich ein etwas über stecknadelkopfgroßer, runder, strukturloser Schatten befindet. Bei verschiedener Stellung des Ellbogengelenkes ändern die Knochenstücke ihre Lage zueinander und zum Olecranon ulnae nicht.

Bei Vergleichung mit dem Ellbogengelenk des gesunden Armes zeigt sich, daß die Konturen der oberen Spitze des linken Olekranon nicht so scharf sind, wie die am rechten Arm. Außerdem findet sich dort eine kleine Einbuchtung.

Anscheinend wurden bei dem vor zwei Jahren erlittenen Unfalle einige kleine Periostknochenstückchen vom Olecranon ulnae abgesprengt, die dann in der Trizepssehne diese Knochenbildung bewirkt haben.

Literatur.

Kienböck, „Ellbogenscheibe" („Patella cubiti") und Olekranonfraktur. Fortschritte a. d. Gebiet d. Röntgenstrahlen, 1914, Band XXII, Heft 1.

Katz, „Ein Fall von ‚Ellbogenscheibe', ‚Patella cubiti'." (Med. Klinik 1915, Nr. 36.)

Orthodiagraphische Messungen des Herzens und des Aortenbogens bei Herz-Gesunden.

Von

Karl Frhr. v. Teubern

(Assistent der medizinischen Universitäts-Poliklinik in Bonn), z. Z. Oberarzt im Felde.

Als Stationsarzt der Röntgenabteilung eines großen Infektions-Genesungsheims hatte ich bei einer großen Anzahl von Soldaten Röntgen-Herzuntersuchungen vorzunehmen und habe auf Anregung meines Chefs und Lehrers, Prof. Paul Krause dabei u. a. von 272 Offizieren und Mannschaften, die frei von Herzbeschwerden waren und ein funktionell leistungsfähiges Herz zeigten, Herz-Orthodiagramme aufgenommen. Die Leute waren fast durchweg Genesende nach Typhus, Paratyphus, Ruhr oder infektiösen Darmkatarrhen.

Man könnte von vornherein Bedenken haben, ein solches Menschenmaterial zu Vergleichsherzmessungen heranzuziehen in Anbetracht der unlängst überstandenen, zehrenden und das Herz angreifenden Krankheit. Indes erweisen die Durchschnittsgewichte in meinen Tabellen, daß der Körperzustand der Leute den gewohnten Durchschnittsbegriffen erwachsener Männer entspricht, zumal körperlich sehr abgekommene Rekonvaleszenten nicht herangezogen wurden. Andererseits wurden sorgfältig objektive und subjektive Herzanomalien, besonders die sehr häufige posttyphöse Tachykardie berücksichtigt und aus den Vergleichsmessungen ausgeschaltet, sodaß man wohl dem Untersuchungsmaterial die Vergleichsberechtigung nicht absprechen kann.

Die Röntgenuntersuchungen wurden mit einem Reiniger, Gebbert & Schall-Idealapparat am Groedelschen Orthodiagraphen sämtlich im Sitzen ausgeführt bei unbeeinflußter mittlerer Atmung; es wurden nach Möglichkeit die diastolischen Herzumrisse festgelegt. Berücksichtigt wurden bei der Herzmessung der Einzelnen: Lebensalter, Körpergröße, Gewicht, Beruf, Dauer des bisherigen Frontdienstes, früher betriebener Sport, Alkohol- sowie Nikotin-Übergenuß. Letztere beide Punkte ergaben keine verwertbaren Resultate, da naturgemäß die Angaben zu unsicher waren.

Die Ausmessung des Orthodiagramms geschah entsprechend den allgemein angenommenen Methoden:

Medianabstand rechts	Mr.
„ links	Ml.
Transversaldimension	T.
Längsdurchmesser	L.

Die Messung des Breiten-Durchmessers als Summe des unteren und oberen Querabstands wurde ebenfalls in einer Reihe der Fälle ausgeführt. Jedoch fand ich sehr viele Herzfiguren, wo diese Messung auf Schwierigkeiten stieß, wo besonders der obere Querabstand ganz willkürlich hätte angesetzt werden müssen, wenn der linke Ventrikelrand ohne Absatz in den linken Vorhofs- oder den Pulmonal-Bogen überging. Auch der untere Querabstand ist oft

unsicher zu bestimmen, wie der Übergangspunkt des rechten in den unteren Herzrand. Oftmals, zumal bei steilgestelltem Herzen, ist der rechte Herzzwerchfellwinkel durch die Vena cava inf. verschattet, und man könnte dann den Übergangspunkt in den unteren Herzrand ganz willkürlich wählen. Ich habe darum, dem Beispiele Groedels folgend, die Herzbreitenmessung unberücksichtigt gelassen, desgleichen die von Moritz vorgeschlagene Herzflächenmessung, wo sowohl der obere wie der untere Herzrand vom Untersuchenden freihändig ergänzt werden müssen.

Ich habe bei allen Orthodiagrammen eine Messung des Aortenschattens versucht, da das auffallend wechselnde und ich möchte fast sagen häufig atypische Bild der Aorta uns die Notwendigkeit auferlegt, den Begriff des Normalen genauer festzulegen, wenn möglich zahlenmäßig, um daran die krankhaften Bilder zu messen. Ich komme auf das Aortenbild später zurück; ich habe folgende Maße angesetzt:

Aortenlängsdurchmesser AL = Verbindung des Übergangspunktes des rechten Vorhofsbogens (inkl. Herzohr) in den rechten Gefäßbogen mit dem entferntesten Punkt des linken Aortenbogens (Aortenknopfes) siehe Fig. 1.

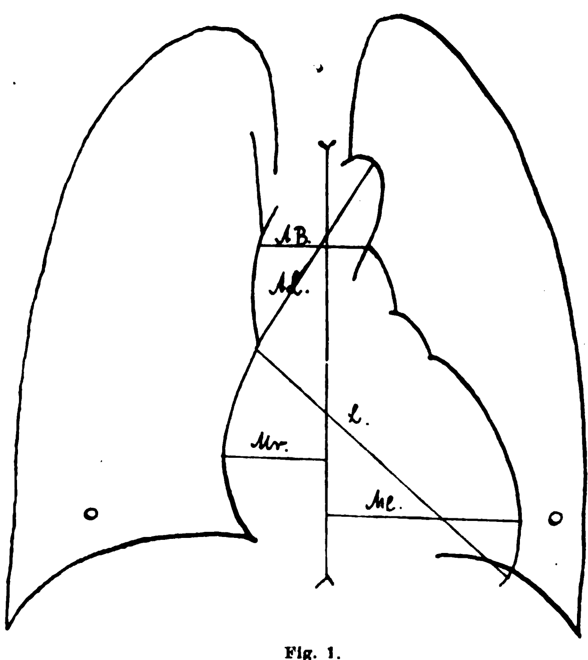


Fig. 1.

Ich bin mir dabei wohl bewußt, daß in zahlreichen Fällen der rechte Meßpunkt von AL gar nicht von der Aorta berührt wird, da, wo die obere Hohlvene randbildend ist. Indes 1) sprechen meine zahlreichen Durchleuchtungen dafür, daß in der Mehrzahl der Fälle zum mindesten der untere Teil des rechten Gefäßbogens von der aufsteigenden Aorta gebildet wird, worauf ich bei Besprechung des Aortenbildes zurückkommen werde, 2) läßt sich in Fällen randbildender oberer Hohlvene häufig die stärker schattengebende Aorta ohne Schwierigkeiten differenzieren, in welchen Fällen dann der rechte Meßpunkt von AL am Aortenvorhofswinkel anzulegen wäre, 3) bedeutet es eine nur unwesentliche Verlängerung von AL, wenn die Messung den schmalen Hohlvenenschatten mit inbegreift.

Jedenfalls ist der Aortenlängsdurchmesser ein sicheres Herzmaß, das in Gemeinschaft mit dem Aortenbreitenmaß einen Anhaltspunkt für die Gestaltung der Aorta zu geben vermag. Die Breite des Aortenbogens, die von anderer Seite an der Gefäßwurzel gemessen wird, habe ich wie Zehbe[1]) am Übergangspunkt des linken Aortenbogens in den Pulmonalbogen durch eine Horizontale gemessen (siehe Fig. 1):

Aortenbreite = AB.

Dieses Maß ist natürlich weniger sicher, einmal, weil oft der rechte Aortenbogen nicht randbildend ist und in solchen Fällen die Vena cava mitgemessen wird; indes ich wiederhole, daß in vielen Fällen zwanglos der aufsteigende Aortenbogen vom Venenschatten zu unterscheiden ist. Ein weiterer Nachteil von AB liegt in dem wechselnden Verhalten des Pulmonalbogens. Eine Erweiterung des Pulmonalbogens schiebt den linken Meßpunkt für die Aortenbreite in der Regel in die Höhe.

Ich erkenne also die Schwächen der Aortenmessung wohl an, weiß auch, daß manche

[1]) Zehbe: Beobachtungen am Herzen und an der Aorta. D. med. W. 1916, Nr. 11.

krankhafte Beschaffenheit der Aorta durch die Maße nicht gefaßt wird — siehe Fig. 2 —, wo die Aortenmaße trotz der beträchtlichen Veränderung der Aorta keine Vergrößerung anzeigen. Der Zweck meiner Aortenmessung wird indes dadurch nicht zu sehr beeinträchtigt. Es soll dadurch in erster Linie für das Normal-Orthodiagramm des Aortenbogens ein Schema gefunden werden, ein auf große Untersuchungsreihen gestütztes Durchschnittsbild, und an der Hand von Maßzahlen die Gestaltung der Aorta unter den verschiedenen Voraussetzungen studiert werden.

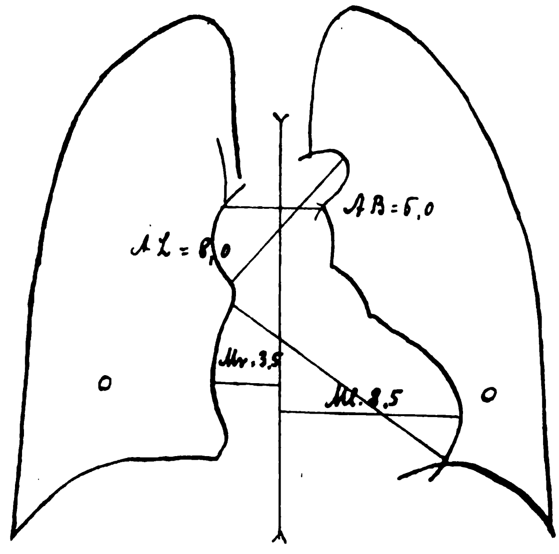


Fig. 2.

Die von mir untersuchten Leute — alles Soldaten — entstammen den Altersklassen von 17—43 Jahren, und zwar waren:

zwischen 17 und 20 Jahren 46 Mann
„ 21 „ 30 „ 126 „
„ 31 „ 40 „ 97 „
„ 41 „ 45 „ 3 „ (bleiben unberücksichtigt).

Es wurden folgende Herzmaße gewonnen:

Tabelle 1.

Alter	Durchschnittsgröße cm	Durchschnittsgewicht kg	Anzahl der Untersuchungen	Mr	Ml	T	L	AL	AB
17—20 Jahre	157	55,8	4	3,8	7,6	11,4	12,7	7,8	4,4
	166	63,9	15	4,2	8,2	12,4	13,2	8,3	4,7
	174	68,0	19	4,2	8,3	12,5	13,9	8,6	4,7
	183	71,8	3	4,1	7,3	11,4	13,3	8,9	4,8
	186	70,0	4	4,6	7,7	12,3	14,0	8,5	4,3
Durchschnitt	173	66,0	45	4 2	7,8	12,0	13,4	8,4	4,6
21—30 Jahre	157	58,8	15	3,6	8,4	12,1	12,9	7,7	4,6
	166	65,5	45	4,2	8,0	12,3	13,4	8,2	4,6
	174	71,9	51	4,1	8,3	12,3	13,4	8,4	4,4
	183	70,9	8	4,2	7,7	11,9	13,8	8,7	4,3
	189	80,8	7	4,2	8,0	12,2	13,1	9,5	4,5
Durchschnitt	174	70,0	126	4,1	8,1	12,2	13,3	8,5	4,5
31—40 Jahre	148	55,2	2	3,2	9,0	12,2	13,5	7,8	4,5
	155	59,2	17	4,0	8,1	12,1	13,1	8,3	4,6
	166	65,7	34	3,8	8,1	12,1	13,2	8,7	4,7
	174	73,8	26	4,1	8,5	12,6	13,6	9,4	4,8
	183	75,8	11	3,9	8,4	12,3	14,2	9,8	4,9
	189	74,7	7	4,5	7,7	12,3	13,6	11,1	4,7
Durchschnitt	169	68,0	97	3,9	8,3	12,2	13,5	9 2	4,7

Die **Minimal-** und **Maximal-Werte** für die einzelnen Herzmaße in den Untersuchungsreihen schwanken in weiten Grenzen. In den einzelnen Altersklassen waren folgende die extremsten Zahlen — unter der Reihe der klinisch Herzgesunden (siehe Tab. 2).

Tabelle 2.

Alter		T	L	AL	AB
17—20 Jahre	Minimum	10,7	12,0	6,4	3,5
	Durchschnitt	12,0	13 4	8,4	4,6
	Maximum	14,3	16,0	9,5	5,7
21—30 Jahre	Minimum	10,0	11,5	6,3	3,5
	Durchschnitt	12,2	13,3	8,5	4,5
	Maximum	14,5	15,7	11,3	6,0
31—40 Jahre	Minimum	10,2	11,5	7,0	3,8
	Durchschnitt	12,3	13,5	9,2	4,7
	Maximum	14,6	16,0	13,0	6,0

Die größten Schwankungen zeigt demnach der. Aortenlängsdurchmesser. Es soll darauf später eingegangen werden; ziemlich gleichmäßig ist die Aortenbreite.

Tabelle 3.

Zusammenstellung der größten Herzorthodiagramme.

T = 14 oder mehr.

Nr.	Alter Jahre	Größe cm	Gewicht kg	Monate Feld-dienst	Sport, schwere Arbeit, Nikotin, Alkohol	Beruf	Mr	Ml	L	AL	
136	20	171	69,0	4	Sp ++	Maler	4,5	9,5	14,0	9,0	Hypertrophie
142	20	172	85,0	5	Sp + N +	Arbeiter	4,0	10,0	15,0	9,0	l. Ventr. hyp.
20	20	170	71,0	2	Sp + N +	Tischler	4,3	10.0	15,0	9,4	Hypertrophie
61	18	186	75,0	14	Sp ++ N +	Schüler	4,6	10,5	16,0	7,9	Hypertrophie
218	20	172	80,0	13	Arb +	Bauer	4,5	9 8	14,8	7,5	Hypertrophie
112	25	172	72,5	6	Sp ++ N +	Maurer	4,9	10,0	15,0	9,5	Hypertrophie
154	21	177	68,0	2	Arb ++	Müller	5,0	9,0	14,0	9,0	Hypertrophie
163	22	185	85,0	0	Sp ++	Stud. med.	4,5	9,5	15,7	9,8	Hypertrophie
272	24	185	84,0	14	Sp +	Kaufmann	5,0	9,0	14,0	9,3	Hypertrophie
178	25	178	81,5	2	Arb ++	Bauer	4,0	10,5	15,0	8,0	quergelagert
193	25	175	75,0	10	Arb +	Bauer	5,5	9,0	15,0	9,0	Hypertrophie
62	33	185	85,0	26	Arb + N +	Arbeiter	4,0	10,0	15,0	8,6	Hypertrophie
133	37	176	77,5	4	Arb + N +	Mechaniker	5,0	9,5	15,0	9,5	Hypertrophie
92	41	174	82,0	6	Alk ++ N ++	Kaufmann	4,0	11,0	16,5	9,0	Adipositas
160	40	173	78,5	3	Arb +	Bauer	3,2	11,4	16,0	10,0	l. V. hyp
161	37	173	84,0	1		Bäcker	5,0	9,0	15,0	10,0	Hypertrophie

Es handelt sich in fast allen Fällen dieser Reihe (Tab. 3) um Herzhypertrophien — vorwiegend des linken Herzens (vgl. Ml). Die Leute sind durchweg von mittlerer Größe 170—186 cm, sind entweder Sportsleute oder Schwerarbeiter.

Man hat keinen Grund, derartige Herzvergrößerungen, die von keinerlei Krankheitserscheinungen begleitet sind, ins Bereich des Pathologischen zu rechnen. Der Durchschnittswert für Mr beträgt nach meinen Maßen (Tab. 1) 4,1, für Ml 8,1 cm. Ich fand Mr größer als 4,5, d. h. das Herz nach rechts verbreitert in 52 von 272 Fällen, d. i. in 19 %, Ml größer als 8,5, d. i. Herz nach links verbreitert in 89 von 272 Fällen, d. i. in 32 %.

Eine Zusammenstellung auffallend kleiner Herzen gibt Tab. 4.

Tabelle 4.

T kleiner als 11.

Nr.	Alter Jahre	Größe cm	Gewicht kg	Monate Felddienst	Sport, Arbeit, Nikotin, Alkohol	Beruf	Mr	Ml	L	AL
33	20	183	66	11		Schreiber	3,7	7,1	12,8	9,4
91	19	156	54	2		Arbeiter	3,2	7,5	12,5	7,0
216	20	159	56	1		Schneider	3,8	7,0	13,0	8,0
2	24	164	60,1	17	Sp +	Tischler	2,9	7,7	12,5	7,0
102	24	180	75	12	Arb +	Landwirt	3,5	6,5	13,0	8,5
119	21	154	54	10		Dachdecker	2,5	8,0	12,0	7,0
224	21	170	65	20	Arb +	Zuschläger	4,0	6,5	12,0	10,5
253	23	173	57,5	5		Kaufmann	4,0	6,5	12,0	9,0
183	27	159	55,5	5		Architekt	3,0	7,5	12,0	7,3
190	27	178	65,0	9		Lehrer	3,8	6,8	13,5	9,8
267	21	182	60,8	4	Sp +	Kaufmann	3,8	6,2	12,5	8,5
82	39	170	65	5	Arb +	Maurer	3,7	6,7	11,5	9,3
86	32	165	65	5	Arb +	Schreiber	4,0	6,6	12,1	8,0
168	32	193	73	22		Künstler	3,8	7,0	13,5	10,0
260	33	159	71,5	8		Schreiber	4,0	6,8	13,0	10,5
60	37	166	60	14	Alk ++ N +	Gastwirt	3,2	7,0	12,5	8,0
186	40	181	65,0	1		Bürovorstand	3,5	7,4	13,5	10,0

Bei den Leuten mit kleinen Herzen überwiegen, wie die Tabelle lehrt, die leichten Berufe; die Körpergröße schwankt bei ihnen in weitem Umfange, es sind alle Größen zwischen 1,54 m und 1,93 m vertreten. So kleine Herzen stehen natürlich an der Grenze des Normalen. In-

dessen haben die Leute alle die militärische Ausbildung und mehrere Monate Felddienstes beschwerdelos ertragen, also eine Probe der Leistungsfähigkeit abgelegt. In manchen Fällen mag die Herzkleinheit nur eine scheinbare sein, insbesondere bei den großen schlanken Leuten mit schmalem Thorax, deren Herz steilgestellt ist und teilweise im Zwerchfellschatten untertaucht. Es trifft dies indes keinesfalls für die Mehrzahl der aufgeführten Fälle zu. Man muß also den Spielraum für die Größe des gesunden Herzens außerordentlich weit fassen.

Tabelle 5.

Zusammenstellung der Herzdurchschnittsmaße nach Körpergröße.

Durchschnittsgröße cm	Anzahl der Untersuchungen	Altersklasse Jahre	Durchschnittsgewicht kg	T	L	AL
148	2	31—40	55,1	12,2	13,5	7,8
155	17	31—40	59,1	12,1	13,1	8,3
157	4	17—20	55,8	11,4	12,7	7,8
157	15	21—30	58,8	12,1	12,9	7,7
166	15	17—20	63,9	12,4	13,2	8,3
166	45	21—30	65,0	12,3	13,4	8,2
166	34	31—40	65,7	12,1	13,2	8,7
174	19	17—20	68,0	12,5	13,9	8,6
174	51	21—30	71,9	12,3	13,4	8,4
174	26	31 - 40	73,8	12,6	13,6	9,4
183	3	17—20	71,8	11,4	13,3	8,9
183	8	21—30	70,9	11,9	13,8	8,7
183	11	31—40	75,6	12,3	14,2	9,8
186	4	17—20	70,0	12,2	14,0	8,5
188	7	21—30	80,8	12,2	13,1	9,5
189	7	31—40	74,7	12,3	13,6	11,1

Dem angefügt seien die Herzmessungen von 17 außergewöhnlich großen Leuten (185,5 cm und mehr):

Tabelle 6.

Nr.	Alter Jahre	Größe m	Gewicht kg	T	L	AL	AB	Besonderes (Sp = Sport, N = Nikotin)
43	17—20	1,86	66,0	11,2	13,5	7,6	3,5	Bürobeamter
61	„	1,86	75,0	15,1	16,0	7,9	5,0	Sp ++ N +
104	„	1,86	69,0	11,0	13,0	9,5	4,5	Sp ++ Schüler
270	„	1,87	70,0	11,5	13,3	8,8	4,3	Arb +
272	21—30	1,86	84,1	14,0	14,0	9,3	5,0	Sp +
164	„	1,86	82,0	13,0	13,5	10,0	4,8	Sp ++
155	„	1,87	84,7	12,0	13,0	9,5	4,0	Arb +
251	„	1,87	80,0	11,2.	13,5	10,0	4,0	Straßenbahnführer
167	„	1,88	75,5	11,6	12,0	9,5	4,8	Sp + Kaufmann
75	„	1,90	82,5	12,6	13,0	9,2	5,0	Oberlehrer
249	„	2,03	82,0	11,0	13,0	9,0	4,2	Landwirt
166	31—40	1,86	78,0	13,0	14,5	13,0	5,0	Lithograph
271	„	1,86	78,0	13,0	13,2	10,0	5,5	N + Eisenbahner
252	„	1,87	68,0	11,5	13,0	11,0	5,0	Asthenia posttyphos.
157	„	1,88	72,6	13,1	14,0	11,0	5,2	Kaufmann
268	„	1,90	72,5	13,8	14,0	10,0	5,0	Arb +
63	„	1,91	80,0	11,7	13,0	13,0	4,0	Arb +

Die Größenzusammenstellung (Tab. 5) bringt Durchschnittskörpergrößen von 1,48 m bis 1,89 m; im Gegensatz zur ansteigenden Körpergröße ist ein Zunehmen der Herzgröße (durch T. u. L. zum Ausdruck gebracht) nicht festzustellen; vielmehr verharrt das Maß der Transversaldimension für alle Größenklassen auf der gleichen Höhe um 12 cm herum, der Längsdurchmesser (entsprechend seiner Unsicherheit in etwas breiteren Schwankungen) um 13 cm bis 13,5 cm herum. Ein analoges Resultat ergibt die Tabelle 6, wo bei den 17 sehr großen Leuten im Durchschnitt T = 12,3 und L = 13,5 beträgt bei einer Durchschnittskörpergröße von 1,89 m.

Tabelle 7.

Durchschnittswerte für Orthodiagramme nach Körpergewicht geordnet:

Gewicht kg	Anzahl der Mannschaften	Größe cm	T	L	AL
50—55,9	14	156	11,6	12,8	7,9
56—60,9	28	163	11,8	13,2	8,2
61—65,9	64	168	12,1	13,4	8,4
66—70,9	64	172	12,1	13,3	8,6
71—75,9	55	176	12,7	13,6	9,0
76—80,9	25	174	12,6	13,8	9,1
81—85,9	15	182	13,2	14,2	9,4

Tabelle 8.

Dasselbe verteilt auf die einzelnen Altersklassen:

Alter Jahre	Gewicht kg	Anzahl	Größe cm	T	AL
17—20	53,2	4	157	11,4	7,7
"	57,2	6	164	12,1	8,4
"	63,2	12	172	12,3	8,0
"	68,5	12	176	11,8	8,4
"	72,4	8	177	13,2	9,1
"	77,9	3	178	12,6	8,3
21—30	54,0	6	158	11,7	7,8
"	58,7	11	168	11,2	8,1
"	63,2	29	166	12,2	8,3
"	68,8	29	171	12,2	8,5
"	73,4	31	176	12,5	8,7
"	77,9	10	174	12,5	8,5
"	82,7	9	185	13,0	9,1
31—40	52,8	4	152	11,7	8,5
"	58,4	11	158	12,1	8,0
"	63,7	22	166	11,8	8,9
"	67,9	23	170	12,3	8,9
"	73,5	16	175	12,3	9,2
"	78,5	12	180	12,8	10,6
"	83,0	6	179	13,3	9,7

Im Gegensatz zur Größenzusammenstellung bringen die nach Körpergewicht geordneten Tabellen (7 u. 8) eine ziemlich konstante Zunahme der Herzbreite mit höherem Körpergewicht.

Man kann direkt von einem Abhängigkeitsverhältnis der Herzgröße vom Körpergewicht sprechen, wofür folgende Zusammenstellung (Tabelle 9) überzeugend spricht.

Tabelle 9.

Zusammenstellung a) relativ (d. h. im Verhältnis zur Körpergröße) sehr leichter Leute, b) relativ (d. h. im Verhältnis zur Körpergröße) sehr schwerer Leute.

	Anzahl	Durchschnittsgröße cm	Durchschnittsgewicht kg	T	L	AL
a)	40	1,77	63,5	11,8	13,8	8,8
b)	24	1,69	74,4	13,0	13,9	8,9

Die Durchschnittsgröße sämtlicher 272 Untersuchten beträgt 1,72 m; ihr Durchschnittsgewicht 68,0 kg. Es entspricht dieses Verhältnis dem bei diensttuenden Soldaten üblichen.

Auf Grund obiger Zusammenstellungen glaube ich, daß die bisher geltenden Ansichten (Dietlen, Grödel, Arnsperger u. a.), daß die Orthodiagrammmaße des Herzens eine der Körpergröße ziemlich proportionale Steigerung erfahren, einer gewissen Einschränkung bedürfen. Tatsächlich muß ja das Herz eines großen

Mannes mehr Blut fassen und eine größere Arbeit leisten als das einen kleinen. Indes sind augenscheinlich andere Momente — wie eben das Körpergewicht, Konstitution, Art der Lebensweise und Beschäftigung — von so wesentlich größerem Einfluß auf die Herzgestaltung, daß die physiologische Mehrarbeit bei längerem Körperbau kaum zur Geltung kommt. Wie man aus den nach Körpergröße geordneten Tabellen 5 u. 6 ersehen kann, sind die größten Leute meines Untersuchungsbereiches durchweg relativ leichter als die kleineren, was also nach den obigen Ausführungen die in beiden Fällen annähernd gleichen Herzgrößenmaße leicht verständlich erscheinen läßt.

Zudem ist meistens bei großen Leuten mit langem schmalem Thorax das Herz steiler gestellt, erscheint daher in sagittaler Durchleuchtung schmal, ohne eigentlich flächenkleiner zu sein.

Von den zur Herzmessung untersuchten Leuten gehörten 102 Mann zu schwer arbeitenden Berufen.

Eine Zusammenstellung ergibt:

Tabelle 10.

a) Schwerarbeiter.

Alter Jahre	Anzahl	Größe cm	Gewicht kg	T	AL
17—20	15	168	65,2	12,5	8,2
21—30	36	171	70,0	12,6	8,7
31—40	51	169	69,0	12,4	9,1
Summa	102	169	68,1	12,5	8,7
b) Leichtarbeiter.					
17—20	30	178	66,6	11,5	8,6
21—30	90	177	69,0	11,8	8,3
31—40	46	169	65,8	12,2	9,3
Summa	166	175	67,1	11,8	8,7

Man sieht in allen 3 Altersklassen größere Herzdurchschnittsbreitenmaße bei den Schwerarbeitern.

Von den 250 der Untersuchten waren
101 Mann mehr als 9 Monate im Frontdienst gewesen
149 „ 9 „ und weniger.

Die Durchschnittsmaße ergaben folgende Zusammenstellung:

Tabelle 11.

a) über 9 Monate Felddienst.

Alter Jahre	Anzahl	Größe cm	Gewicht kg	T	AL
17—20	9	176	70,6	12,5	8,6
21—30	54	169	69,1	12,4	8,5
31—40	38	171	69,8	12,3	8,8
Summa	101	172	69,8	12,4	8,6
b) 9 Monate und weniger Felddienst.					
17—20	37	170	64,9	12,2	8,1
21—30	58	171	68,4	12,3	8,1
31—40	54	168	67,4	12,3	9,2
Summa	149	170	66,9	12,3	8,5

Ein merklicher Einfluß langen Frontdienstes auf die Herzgröße kommt darnach in diesem Untersuchungsbereich nicht zum Ausdruck. Es sei allerdings bemerkt, daß die Leute alle der Westfront angehörten, also dem Stellungskrieg entstammten, im allgemeinen an größeren Dauermarschleistungen nicht teilgenommen hatten, anderseits aber doch die anstrengendsten Kämpfe der Westfront durchgehend mitgemacht hatten.

Es ist dieser Punkt von großer praktischer Bedeutung. Ich maße mir auf Grund meiner Untersuchungen darüber noch kein Urteil an; vielmehr müßten dem ins einzelne gehende Feststellungen über die individuellen Einzelleistungen zugrunde gelegt werden.

Immerhin mahnen meine Ergebnisse zu großer Vorsicht und Zurückhaltung in dieser entscheidungsschweren Frage.

50 von 272 Untersuchten gaben an, früher längere Zeit Sport getrieben zu haben: Leichtathletik, Rudern, Turnen, sportliches Radfahren, Fußballkämpfe usw.

Tabelle 12.

Herzmaße bei Sporttreibenden.

Alter Jahre	Anzahl der Untersuchten	Durchschnittsgröße cm	Durchschnittsgewicht kg	T	L	AL
17—20	15	175	69,2	12,6	14,1	8,4
21—30	30	174	68,7	12,0	13,3	8,6
31—40	5	174	66,3	11,8	13,6	8,6
17—40	50	174,5	68,1	12,3	13,7	8,5

Diese Zusammenstellung ergibt als Resultat nur eine geringe Vergrößerung des orthodiagraphischen Herzdurchschnittsmaßes. Eine stärkere Herzhypertrophie bringt wohl nur der systematisch betriebene Sport mit sich, zumal in den Entwicklungsjahren.

Ich vergleiche nun die gefundenen Herzdurchschnittsmaße mit den in den Dietlenschen und Groedelschen Tabellen niedergelegten; Dietlen bringt Horizontal-, Groedel Vertikalorthodiagramme; meine vertikalen sind im Sitzen aufgenommen. Auf die Streitfrage, ob horizontal oder vertikal die richtigsten Werte gefunden werden, gehe ich nicht ein; sie ist genügend diskutiert; die Resultate beider Methoden zeigen — wie bekannt — nur geringe Differenzen, sodaß Vergleiche wohl angestellt werden können. Einen wesentlichen Unterschied zwischen den stehend — und den im Sitzen aufgenommenen Orthodiagrammen konnte ich in zwölf vergleichsweise aufgenommenen Fällen nicht feststellen.

Tabelle 13.

Vergleiche: Dietlen: erwachsene Männer (über 20 Jahre)
v. Teubern: „ „ (zwischen 21—40 Jahre).

	Alter Jahre	Durchschnittsgröße cm	Durchschnittsgewicht kg	Mr	Ml	T	L
Dietlen	20—29	168	62,0	4,2	8,6	12,9	14,2
v. Teubern	21—30	174	69,5	4,1	8,7	12,2	13,3
Dietlen	30—39	169	64,0	4,2	8,7	12,9	14,2
v. Teubern	31—40	169	67,4	3,9	8,3	12,3	13,5

Tabelle 14.

Vergleiche nach Größenklassen (Männer erwachsen) Dietlen: über 20 Jahre
v. Teubern: zwischen 21 u. 40 Jahre.

	Durchschnittsgröße cm	Anzahl der Untersuchten	Durchschnittsalter Jahre	T	L
Dietlen	151 (145—154)	—	48	12,2	13,4
v. Teubern	151	19	35	12,1	13,3
Dietlen	159 (155—164)	—	24	12,9	14,0
v. Teubern	163	94	31	12,2	13,2
Dietlen	170 (165—174)	—	34	13,1	14,2
v. Teubern	174	77	27	12,5	13,5
Dietlen	182 (175—187)	—	29	13,8	14,9
v. Teubern	183	19	31	12,1	14,0

Tabelle 15.

(Nach Gewichtsklassen.)

	Durchschnitts-gewicht kg	Durchschnitts-größe cm	Durchschnitts-alter Jahre	T	L	Anzahl der Untersuchten
Dietlen	50—54	161	27	12,4	13,5	—
v. Teubern	50—55,9	156	26	11,6	12,8	14
Dietlen	55—59	164	30	12,9	14,0	—
v. Teubern	56—60,9	163	27	11,8	13,2	28
Dietlen	60—64	167	26	13,1	14,1	—
v. Teubern	61—65,9	168	27	12,1	13,4	64
Dietlen	65—69	169	30	13,2	14,5	—
v. Teubern	66—70,9	172	27	12,1	13,3	64
Dietlen	70—74	174	31	13,4	14,8	—
v. Teubern	71—75,9	176	31	12,7	13,6	55
Dietlen	75—79	179	22	14,3	15,5	—
v. Teubern	76—80,9	174	28	12,6	13,8	25
Dietlen	80—84	185	25	14,4	15,5	—
v. Teubern	81—85,9	182	28	13,2	14,2	15

Tabelle 16.

Vergleiche mit F. Groedels Maßen:

Groedel: Männer erwachsen (über 20 Jahre)
v. Teubern: „ zwischen 21 bis 40 Jahre.

	Größe	T	L
Groedel	145—154	13,1	12,9
v. Teubern	151	12,1	13,3
Groedel	155—164	13,0	13,9
v. Teubern	163	12,2	13,2
Groedel	165—174	13,2	14,0
v. Teubern	174	12,5	13,5
Groedel	175—185	13,2	14,2
v. Teubern	183	12,1	14,0

Ein Vergleich der Unerwachsenen würde falsche Vergleichswerte geben insofern, als sowohl Dietlen wie Groedel darunter die Jahre 15—20 zusammenfassen, ich 17—20 Jahre.

Wie aus den Vergleichstabellen mit großer Regelmäßigkeit hervorgeht, zeigen meine Durchschnittsherzmaße in allen Größen und Gewichtsklassen für die Transversaldimension und den Längsdurchmesser konstant kleinere Werte, als sowohl Dietlens wie Groedels Maße. Meine Untersuchungen, die nur erwachsene Männer umfassen, stellen freilich nur einen Teilausschnitt aus den Gesamtherzmessungen dar. Indes genügen dieselben, um in ihrem Bereich die bisher geltenden Mittelwerte zu korrigieren. Und ich glaube, sie werden manchem Untersucher, dem seine von den geltenden Durchschnittswerten abweichenden Orthodiagrammmaße manches Nachdenken bereitet haben, willkommen sein.

Mancher wird fragen, was haben diese Zahlen und Durchschnittsmessungen für einen Zweck! In seinem jüngsten Grundriß der Röntgendiagnostik innerer Krankheiten schreibt Munk (S. 49), daß die Orthodiagraphie des Herzens heute bei weitem nicht mehr die Bedeutung habe wie zu Beginn der Herzröntgenographie und daß sie heute für die Praxis entbehrlich sei und vor einfacheren Apparaturen in den Hintergrund trete. Ich möchte dem widersprechen!

Man verwertet und beurteilt wohl heutzutage die orthodiagraphischen Herzmaße anders als früher, man bedarf ihrer aber zu gründlicher Herzdiagnostik genau wie früher. Natürlich

wird man, wo erstaunlich große und auffallend kleine Herzmaße bei leistungsfähigen Männern gefunden werden, nach dem röntgenographischen Maße keine Herzdiagnosen stellen, sondern wird die Herzgröße als einen relativen Begriff ansehen. Wohl aber ist es von entscheidender Wichtigkeit, wie die Maße eines als pathologisch erkannten Herzens sind. Und hier bedürfen wir nicht mehr oder weniger unsicherer Schätzungen, sondern brauchen eine möglichst genaue Herzzeichnung und zahlenmäßige Messung und bedürfen andererseits als Maßstab eines aus großen Untersuchungsreihen unter den verschiedensten körperlichen Voraussetzungen — wie Größe, Gewicht, Lebensweise usw. gewonnenen Mittelmaßes. Die einfachen Apparaturen (wie die von Holzknecht und von Schwarz vorgeschlagenen), so gute Behelfe sie in der Hand des Erfahrenen sind, führen zu leicht zu Fehlzeichnungen und Fehlvorstellungen, wie es wohl viele, die sich mit Herzuntersuchungen befassen, an sich erfahren haben.

Abgesehen davon lassen sich nur durch genaue Orthodiagramme Veränderungen des Herzvolumens erkennen und verfolgen, nur dadurch ist die Wirkung äußerer Einflüsse auf die Herzgröße exakt festzustellen, beides Dinge, die doch auch für die Praxis häufige Bedürfnisse sind.

Ich komme zur Besprechung des **Aortenbogens** oder besser: zur kasuistischen Mitteilung meiner Befunde.

In etwa 40% meiner Orthodiagramme ist der rechte Gefäßbogen ein nach außen konvexer Bogen, der nach oben zu meistens in den Mediastinalschatten hinein ein Stück zu verfolgen ist und sich im linken Aortenbogen zwanglos fortsetzt. Regelmäßig war in diesen Fällen bei genauer Betrachtung eine leichte Pulsation des rechten Bogens deutlich zu sehen. Es besteht für mich kein Zweifel, daß in diesen Fällen der rechte Gefäßbogen von der aufsteigenden Aorta gebildet ist. Dieser Befund wurde in den Altersklassen von

17—20 Jahren 14 mal erhoben (von 46) = 30%,
21—30 „ 46 mal „ (von 126) = 36%,
31—43 „ 50 mal „ (von 100!) = 50%; er betrifft also auch jüngere Männer. Anzeichen von Arteriosklerose boten diese jüngeren Leute nicht. In einigen Fällen wurde der Blutdruck gemessen (Riva-Rocci), er schwankte zwischen 125 und 140 (systolisch), eine Akzentuation des Aortentones war nicht zu hören. Man ist demnach wohl nicht berechtigt, eine rechts randbildende Aorta ascendens als stets pathologisch[1]) zu bezeichnen — wogegen schon Grödel Einspruch erhoben hat.

Von den übrigen 60% meiner Fälle war mir etwa bei der reichlichen Hälfte eine sichere Beurteilung des rechten Gefäßbogens nicht möglich, bei einem Teil konnte man die Vena cava als schwächeren Schatten von oben her erkennen, oftmals sah ich weiter unten den intensiveren Aortenschatten nach außen an den Rand herantreten, sodaß der Gefäßbogen-Vorhofswinkel rechts von der Aorta gebildet war.

Häufig sieht man in meinen Orthodiagrammen den linken Aortenbogen ungewöhnlich stark hervorspringen (als sogenannten Aortenknopf). In fast 30% überragt derselbe den oberen Mediastinalrand um 1,5 cm und mehr; es sind das teils Fälle, wo der Aortenbogen sehr lang gezogen ist, teils niedere Aortenbögen, teils mit rechtsseitiger Randbildung der Aorta, teils ohne. Wiederum verteilt sich diese Erscheinung auf Jüngere und Ältere: zwischen 17 u. 20 Jahren 22%, 21 u. 30 Jahren 19%, 31 u. 40 Jahren 43% bei immer der gleichen Untersuchungszahl.

Auch bei diesen Befunden waren klinisch keine wesentlichen Sklerose-Erscheinungen festzustellen. Sie gemahnen jedenfalls zur Vorsicht in der Beurteilung des röntgenoskopischen Aortenbildes.

Ob freilich in solchen Fällen dem verlängerten Aortenbogen schon früh beginnende — noch klinisch nicht in Erscheinung tretende — atheromatöse Veränderungen zugrunde liegen,

[1]) Vgl. Arnsperger: Die Röntgenuntersuchung der Brustorgane, Leipzig 1909.

lasse ich hier dahingestellt. Auch ohne rechts- oder linksseitige Vorbuchtung des Aortenbogens imponiert in vielen Herzorthodiagrammen die ungewöhnliche Längsausdehnung desselben bei gesunden kräftigen Männern. Dieser Befund bewog mich ganz besonders, die Aortenlänge — wie oben beschrieben — zu messen. Es herrscht im allgemeinen eine gewisse Unsicherheit in der Betrachtung des Aortenbildes; der Mangel eines Maßstabes, eines erfahrungsgemäß gewonnenen, zahlenmäßig faßbaren Durchschnittsbildes spielt — meine ich — dabei eine nicht zu geringe Rolle.

Meine Aortenbogenmessungen ergeben folgendes:

Der Längsdurchmesser des Aortenbogens (AL) beträgt bei 268 Fällen im Durchschnitt AL = 8,7 cm, die Aortenbreite (AB) (oben) 4,6 cm.

Mit den Maximal- und den Minimalwerten auf die Altersklassen verteilt:

Tabelle 17.

Jahre		AL	AB
17—20	Minimalwert	6,4	3,5
	Durchschnitt	8,4	4,6
	Maximal	9,5	5,7
21—30	Minimal	6,3	3,5
	Durchschnitt	8,5	4,5
	Maximal	11,3	6,0
31—40	Minimal	7,0	3,8
	Durchschnitt	9,2	4,7
	Maximal	13,0	6,0

Der Aortenbogen ist durchschnittlich demnach bei den älteren Männern länger als bei den jüngeren, ferner den anatomischen Verhältnissen des Mediastinums entsprechend bei schlanken Leuten mit hohem Thorax länger als bei kurzem gedrungenen Brustkorb. Bei den langen Leuten über 186 cm beträgt AL im Durchschnitt = 10,3 (Tabelle 6). Außerdem geht dieser Parallelismus zwischen Körper- und Aortenlänge auch aus der Größentabelle Nr. 5 hervor. Es kommt indes zu diesen beiden für die Aortenlänge bestimmenden Faktoren noch ein damit nicht zusammenhängendes individuelles Moment hinzu, welches der Aorta wie der Herzkontur sein persönliches „Gesicht“ verleiht. So habe ich in meiner Reihe einige Orthodiagramme junger, nicht besonders großer Leute, die, ohne krankhaft zu sein, einen ungewöhnlich hochaufsteigenden Aortenbogen zeigen. Ich führe z. B. 10 derartige Fälle an (Tab. 18).

Tabelle 18.

Nr.	Alter Jahre	Größe cm	Gewicht kg	Mr	Ml	T	L	AL	AB	Beruf	Besonderes	Monate Felddienst
194	20	161	57,0	5,2	8,5	13,7	14,0	9,5	5,5	Knecht	Arb +	1
138	20	172	72,0	3,5	10,0	13,5	14,0	9,5	4,5	Schuhmacher	—	2
17	23	163	56,0	5,0	7,0	12,0	13,3	9,7	5,0	Bergmann	Sp + A +	14
135	30	169	71,0	4,0	9,0	13,0	14,8	10,3	4,0	Maurer	—	13
224	21	170	65,0	4,0	6,5	10,5	12,0	10,0	6,0	Arbeiter	Arb +	20
228	33	164	63,5	3,2	8,2	11,4	13,5	11,3	4,5	Bürogehilfe	—	19
16	26	174	73,5	4,0	8,5	12,5	13,5	9,6	4,3	Installateur	Sp +	10
137	22	177	69,0	4,3	9,0	13,3	13,5	10,0	3,8	Diener	—	3
192	24	176	70,0	3,5	8,0	11,5	13,5	10,0	4,5	Arbeiter	Sp +	24
237	22	173	75,0	4,5	8,8	13,3	14,0	10,5	3,5	Kaufmann	Sp +	14

Einige Fälle weisen linksseitige Herzhypertrophien auf, andere bieten vielmehr auffallend kleine Herzen dar; es scheint nicht leicht, einen Zusammenhang zwischen Herzgröße und Höhe des Aortenbogens zu finden. Die größten AL-Werte (13 cm) fand ich bei zwei sehr hochaufgeschossenen schlanken Soldaten von 19 und 21 Jahren.

Bei den Männern zwischen 30 und 40 Jahren beträgt AL im Durchschnitt 9,2 cm gegen-

über 8,4 cm bei jüngeren Männern. Es kommt in diesem vergrößerten Wert eine beginnende Alterserscheinung der Aorta zum Ausdruck, die uns in vollendetem Maße aus der „Greisenherzform“ bekannt ist. Fig. 3 bringt als Beispiel das Orthodiagramm eines 34jährigen gesunden, mittelkräftigen Arbeiters; Größe 1,68, Gewicht 69,0 kg.

Subjektiv boten auch die hier angeführten Leute zwischen 30 und 40 Jahren durchweg keine Herzkrankheitssymptome. Eine leichte Akzentuation des 2. Aortentones war dagegen unter den älteren Patienten auch dieser Reihen eine häufige Erscheinung. Es mögen unter den älteren Leuten also teilweise beginnende Sklerosen der Aorta bestehen; man ist jedoch trotzdem nicht berechtigt, solche Herzen als pathologisch zu bezeichnen. Die Leute waren leistungsfähig und beschwerdefrei. Eine leichte Sklerose der Aorta ist bei einem in der Mitte des dritten Dezenniums stehenden Mann als eine physiologische Erscheinung zu bezeichnen.

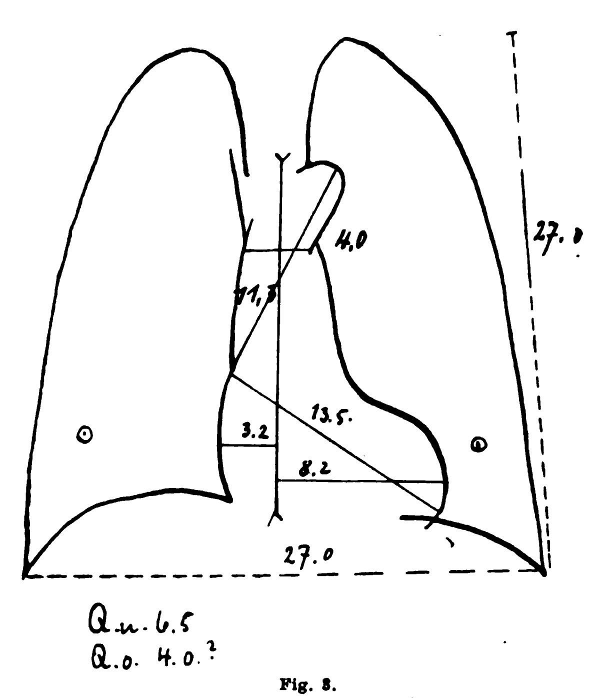


Fig. 3.

Tabelle 4 führt eine Anzahl kleiner Herzen auf, Durchschnittswert für AL in dieser Zusammenstellung beträgt 8,5 cm.

Tabelle 3 bringt auffallend große Herzen, AL im Durchschnitt 8,9 cm. Demnach ist die Länge des Aortenbogens unabhängig von der Herzgröße — wohlgemerkt bei Herzgesunden!

Die Vergleichstabelle zwischen Schwer- und Leichtarbeitenden (Tab. 10) bringt für AL keine Größenunterschiede. Wenn den unverhältnismäßig langausgedehnten Aortenbögen beginnende Sklerose zugrunde läge, müßte man solche am ersten bei den Schwerarbeitern finden.

Ebensowenig bringt die Zusammenstellung der Sportbeflissenen (Tab. 12) einen wesentlich höheren Durchschnittswert für die Aortenlänge, und schließlich kommt auch in Tabelle 11 ein Einfluß langen Frontdienstes auf die Längsausdehnung der Aorta nicht zum Ausdruck.

Das Aortenbreitenmaß schwankt — wie aus der Tabelle 12 ersichtlich — in geringen Grenzen. Über 6,0 cm fand ich die Aortenbreite in keinem Fall der Reihe.

Zehbe (s. oben) fand die Aortenbreite (an gleicher Stelle gemessen)

bis 25	Jahr:	4,6—4,9 cm,
26—35	„	5,0—5,4 „
36—50	„	5,5—5,9 „

Es sind das etwa dieselben Werte wie die meinen.

Eine scharfe Grenze zwischen Normalem und Pathologischem gibt es natürlich beim Aortenbild ebensowenig wie beim Herz. Abgesehen von vorgeschrittenen ausgesprochenen Krankheitsbildern wird nur immer die Heranziehung aller Untersuchungsmethoden zu einer berechtigten Diagnose führen. Von vielen Seiten wird in letzter Zeit von mehr und mehr beobachteten Symptomen früher (in den 20er Jahren) einsetzender Atheromatose der Aorta berichtet, was auch mir bei zahlreichen Herzuntersuchungen auffallend oft vorgekommen ist. Um so mehr machen sich aber gerade wegen der praktisch wichtigen Feststellung feiner Veränderungen orthodiagraphische Normalfeststellungen wie die angeführten notwendig, welche den Boden aller Diagnostik darstellen sollen.

Telekardiographische Studien über Herzkonturen.

Von

Dr. med. **L. Huismans**, dirig. Arzt am St. Vinzenzhause, Cöln.

Mit einer Arbeit über einfache und Doppelkonturen des Herzens beschäftigt, las ich in den Jahreskursen für ärztliche Fortbildung 1916, II, Seite 15 u. 16, folgendes Urteil A. Hofmanns über meinen Telekardiographen:

Huismans hat eine Apparatur konstruiert, welche die Röntgenaufnahme stets in derselben Phase der Herztätigkeit ermöglicht. So interessant für gewisse physiologische Untersuchungen diese Methode auch ist, so hat sie im Grunde doch für die Größenbestimmung des Herzens weniger praktische Bedeutung, da die Diastolen- und Systolen-Herzschattengröße keine sehr erheblichen Abweichungen im Röntgenbild erkennen lassen. Es kommt bei allen krankhaften Dilatationen auch zugleich zu Formveränderungen, und diese Formveränderungen sind es, die ganz wesentlich das diagnostische Schwergewicht für die Röntgenuntersuchung bilden.

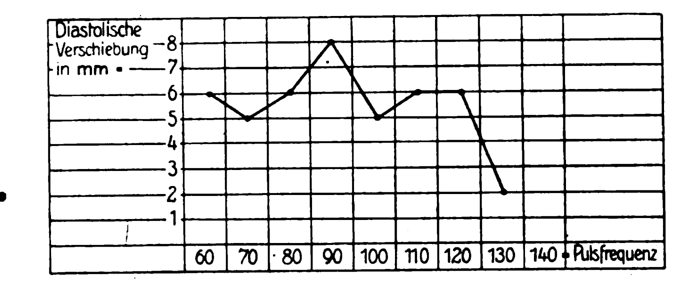
Diese Ausführungen A. Hofmanns veranlassen mich zu folgenden Bemerkungen: Zunächst muß ich betonen, daß ich in allen meinen Arbeiten darauf hinwies, wie sich im Telekardiogramm selbstverständlich ein Bild der Herzform resp. Formveränderung ohne weiteres ergibt (vgl. Bild 1—4). Nicht allein das. Sehr diffizile Nebendetails, wie Lungenstruktur, Magenblase mit Haustren der Flexura lienalis coli, Veränderungen an den Rippen bei Ostitis deformans (Paget), eine Lungensyphilis und ähnliche Dinge (Bild 5—8) treten ohne weiteres in Erscheinung. Mein Apparat erfüllt aber weit größere Aufgaben: er gibt erstens sehr genaue objektive Herzmaße und ist dadurch dem Orthodiagraphen offenbar überlegen, zweitens ermöglicht er gleichzeitig ein für die Beurteilung der Herzfunktion wichtiges systolisches und diastolisches Bild des Herzens auf einer Platte.

Es will mir scheinen, daß diese letztere Fähigkeit beinahe noch wichtiger ist als die einfache Ausmessung des Herzens, da sich aus allen meinen Tabellen ergibt, daß „man eine große physiologische Größenbreite für das Herz annehmen muß“ (A. Hofmann, ibidem pag. 15). Auch F. M. Groedel vertritt in seinem Atlas der Röntgendiagnostik 1909 den Standpunkt, daß die Untersuchung der Herzform und Herzlage weit wichtiger ist, als die subtile Größenbestimmung des Orthodiagrammes. Die einfache Ausmessung des Herzens läßt tatsächlich nur bedingt Schlüsse auf die Herzarbeit zu, sie ist besonders wichtig vor und nach bestimmten Kuren, um ihren Erfolg zu kontrollieren. Die Betrachtung der Herzform ist besonders für die Feststellung des vorliegenden Klappenfehlers wichtig. Die Funktion des Herzmuskels kann aber nur aus der Feststellung der diastolischen Verschiebung des linken Herzrandes beurteilt werden: gelingt es mir mittels des Telekardiographen, auch nur eine solche von 2 mm festzustellen, so kann ich von guter Funktion des Herzmuskels sprechen; bei schlaffer Dilatation fand ich sie nie.

Seit den grundlegenden Untersuchungen von Rombergs wissen wir ja, daß die Veränderungen an den Klappen eigentlich nur dann praktische Bedeutung für die Herzarbeit gewinnen, wenn das Myokard miterkrankt. Solange letzteres gesund ist, wird jeder Klappenfehler kompensiert.

A. Hofmann meint nun, daß die Diastolen- und Systolenschattengrößen im Röntgenbild keine erheblichen Abweichungen erkennen lassen — darf ich ihn daran erinnern, daß er selbst beim Adams-Stokesschen Symptomenkomplex eine diastolische Verschiebung von 2 cm fand? Er meint ferner, die Herzgröße in der Diastole sei eine Funktion der diastolischen Zeit, das

soll besagen, sie sei umgekehrt proportional der Pulsfrequenz. Ich setze hier eine Kurve ein, welche die von mir bei verschiedenen Pulsfrequenzen auf der Platte gemessene Verschiebung des linken Herzrandes zeigt:



Es ergibt sich also die größte Verschiebung bei 90 Pulsen, ihr folgt eine unter sich gleichgroße bei 60, 80, 110, 120 Pulsen. In einem Falle von 130 Pulsen sah ich allerdings nicht mehr als 2 mm Verschiebung, sonst ist aber durch diese Kurve, welche ich aus über 30 Fällen von funktionellen und organischen Herzerkrankungen darstellte, durchaus kein Anhaltepunkt für eine Abhängigkeit der diastolischen Verschiebung von der Pulsfrequenz gegeben. Ich fand die größte Verschiebung (8 mm) bei einem Falle von Bronchitis chron. und Emphysem (90 Pulse), eine Verschiebung von 6 mm in einem Falle von Situs inversus bei 60 Pulsen und bei Cor nervosum und Endokarditis mitralis mit 110 resp. 120 Pulsen. Allerdings handelte es sich in dem Falle von Situs inversus um einen im übrigen gesunden Mann.

Es ergibt sich also, daß zum mindesten bei gewissen krankhaften Zuständen, welche die Herzmuskulatur bis auf die letzten Reserven beanspruchen, eine Abhängigkeit der diastolischen Verschiebung von der Pulsfrequenz im Sinne einer umgekehrten Proportionalität nicht behauptet werden kann. Wenn A. Hofmann eine solche annimmt, so glaube ich, daß dieselbe höchstens unter normalen Verhältnissen dann bestehen könnte, wenn bei größerer Frequenz des Pulses ein kleineres Schlagvolumen nur durch einen Teil der konzentrischen Herzmuskelringe weiter befördert wird. Die von uns festgestellte Veränderung des Verhältnisses von diastolischer Verschiebung zur Pulsfrequenz bei gewissen Krankheiten könnte man sich so erklären, daß bei jeder dauernden übermäßigen Herzbeanspruchung, z. B. schon bei beginnender Hypertrophie des Herzens die gesamte konzentrische Muskelfaserung oder doch ein größerer Teil derselben bis aufs äußerste belastet wird und so eine wesentlich größere diastolische Verschiebung entsteht. Es wäre demnach die diastolische Verschiebung nicht allein abhängig von der Pulsfrequenz, sondern auch von der Arbeit des Herzmuskels, d. h. eine Funktion **verschiedener** Faktoren; sie ist der Pulsfrequenz umgekehrt und der Arbeit des Herzmuskels, wie ich immer hervorhob, direkt proportional: Die Verkleinerung der diastolischen Verschiebung bei erhöhter Pulsfrequenz wird, wie meine Tabelle beweist, in krankhaften Zuständen bei sonst gesundem Herzmuskel wett gemacht durch mehr oder minder restlose Kontraktion aller Herzmuskelfasern. So erklärt es sich, weshalb es mir mit dem Telekardiographen zum ersten Male gelang, auf der Röntgenplatte eine Hypertrophie von schlaffer Dilatation der linken Kammer zu unterscheiden.

Im übrigen ist immer zu bedenken, daß die Röntgenplatte im Telekardiogramm doppelt so scharf sieht, wie das Auge des Orthodiagraphierenden.

Nach diesen allgemeinen Bemerkungen, zu welchen mir die Arbeit von A. Hofmann Veranlassung gab, möchte ich nun einige speziellere telekardiographische Details über Herzkonturen folgen lassen.

Ich übertrage nicht mehr den Puls der Radialis, sondern erkannte schon lange die Karotisablesung für einfacher und exakter, weil die Berechnung der Pulswellenverspätung an der Karotis wegen der kurzen Entfernung zwischen Anlegestelle des Trichters und Kammer wegfällt. Um die Verhältnisse klar darzustellen, pauste ich die Röntgenplatten exakt durch und

gebe die Pausen in folgendem verkleinert wieder — es wäre technisch unmöglich gewesen, die Doppelkonturen in der Verkleinerung der Veröffentlichung im Original darzustellen —; die Platten bleiben als Beleg in meinem Archiv.

Gehen wir nun zu den einfachen Meßbildern über, so sei nochmals festgestellt, daß mein Verfahren nur dann mit der Orthodiagraphie verglichen werden kann, wenn wir ganz grobe Verhältnisse betrachten, z. B. mitralkonfigurierte Herzen von Aortenfehlerherzen unterscheiden wollen und davon absehen, daß die telekardiographischen Maße des linken Herzrandes vermöge der Einstellung des Blitzes auf das Diastolenende der linken Kammer durchschnittlich über 1 cm größer sind als die orthodiagraphischen. Nichts hindert mich natürlich, auch eine andere Phase der Herzperiode zum Vergleich auszuwählen. Für die einfache Betrachtung der Herzform genügt die gewöhnliche telekardiographische Aufnahme vollkommen.

Es klingt fast wie ein Vorwurf, wenn A. Hofmann l. c., pag. 15 sagt, daß die Momentaufnahme uns natürlich auch nur eine bestimmte Phase der Herzbewegung vorführt. Es ist wahr, daß ein Phasenbild nur den Ablauf der Herzbewegung in einem scharf umrissenen Ausschnitt bringt. Ist das aber nicht ein wesentlicher Vorzug gegenüber dem unnatürlichen sämtliche Herzabschnitte enddiastolisch vorführenden Orthodiagraphen? Dietlen gegenüber, der beim Teleröntgen eine Berücksichtigung der Herzphase für praktisch unwichtig hielt, habe ich schon früher betont, daß wir einen so genügsamen Standpunkt nicht mehr einzunehmen brauchten, weil uns die fortgeschrittene Technik erlaubt, objektiv genaue Herzmaße für jede Phase festzustellen.

Zwecks Vorführung der einfachen telekardiographischen Herzkonturen, welche nur der Größenmessung sowie der Form- und Lagebetrachtung dienen, habe ich einleitend schon einige landläufige Bilder reproduziert und bringe nun die Bilder einiger junger Herzen. Auffallend ist bei denselben die eigenartig rundliche Form, die man als kindliches Kreisformherz bezeichnen kann. Wir fanden es bei Kindern unter zehn Jahren (Fig. 9) zumeist und sahen es auch in einem Falle von offenem Duct. art. Botalli (Fig. 10), nur daß hier der Mr infolge Hypertrophie von rechter Kammer und Vorhof wesentlich vergrößert und der Ml infolge Verdrängung der linken Kammer nach links hinten verkleinert war (vgl. auch Libenski, Zeitschr. f. kl. Med., Bd. 80).

Diese Herzform kann auch beim Erwachsenen persistieren — ich sah sie z. B. bei dem 28jährigen Neurastheniker Hc (Bild 11), wo sie klinisch das Bild einer puerilen dreieckförmigen Herzdämpfung hervorrief, ohne daß sonst objektiv Erscheinungen vorhanden gewesen wären. Bei einem 16jährigen Schüler (Bild 12) war sie sehr ausgeprägt, hatte aber nach einem Jahre schwerer landwirtschaftlicher Arbeit insofern sich geändert, als das Herz sich gestreckt und mehr in die normale Schrägstellung begeben hatte (Bild 13).

Von diesem letzteren Bilde möchte ich nun weiter ausgehen und auf die am linken Herzrande auftretende Doppelkontur hinweisen, die in Erscheinung trat, nachdem wir nicht einen Blitz am Ende der Kammerdiastole, sondern zwei Blitze je am Ende der Kammersystole und -diastole auf eine Platte wirken ließen.

Noch im Jahre 1907 mußte Deneke (D. Arch. f. klin. Med., Bd. 89) in seiner Arbeit: „Zur Röntgendiagnostik seltenerer Herzleiden" zugeben, daß man die auf dem Schirm sichtbaren Bewegungen des Herzens noch nicht graphisch fixieren kann, solange Momentaufnahmen von Röntgenbildern und kinematographische Zusammenstellungen solcher Momentaufnahmen technisch unausführbar sind. Der glänzende Fortschritt der Technik gab uns zunächst den Dessauerschen und F. M. Groedelschen Röntgenkinematographen, der allerdings wegen seiner hohen Anschaffungskosten wohl nie Allgemeingut der Ärzte werden wird. Mein Telekardiograph wird dem Denekeschen Wunsche gerecht: er ermöglicht neben reinen Maßbildern auch eine graphische Fixierung der Herzbewegung auf einer Platte und damit einen Rückschluß auf die Funktion des Herzmuskels. Es läßt sich mit meinem Telekardiographen ein kleinerer systolischer Herz-Kernschatten und ein größerer diastolischer Schatten feststellen. Je größer

Fig. 1. Gesundes Soldatenherz.

Fig. 2. (Ermüdungsherz) Iusuff. · Mitralis levis.

Fig. 3. Herz bei Nephritis chron.

Fig. 4. Leichte Mitralstenose mit Verbreiterung des Pulmonalbogens.

Fig. 5. Haustra flex. lienal. coli in der Magenblase.

Fig. 6. Haustra flex. coli lienalis in der Magenblase. Tropfenherz.

Fig. 7. Ostitis deformans Paget.

Fig. 8. Pneumonia alba hili et lob. inf. d., WaR 3 $\times$ +.

Fig. 9. Normales Kinderherz.

Fig. 10. Offener duct. art. Botalli.

Fig. 11.

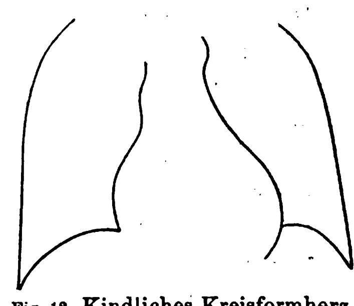
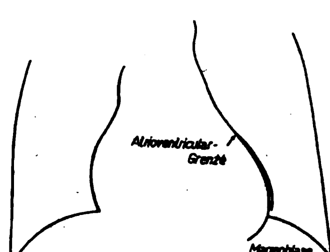


Fig. 12. Kindliches Kreisformherz. 1913 16 J. alt.



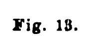


Fig. 13.

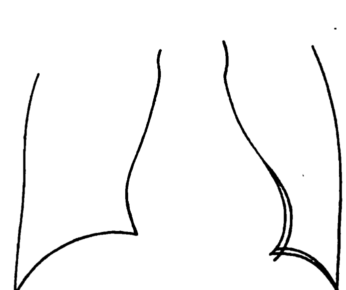


Fig. 14.

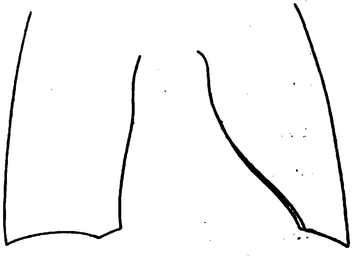


Fig. 15.

Fig. 16.

Fig. 17.

Fig. 18.

Fig. 19.

Fig. 20.

Haustrum in der Magenblase

Fig. 21.
Bronchitis chron. Lunulaförmige Verschiebung an beiden Herzrändern.

Fig. 22.

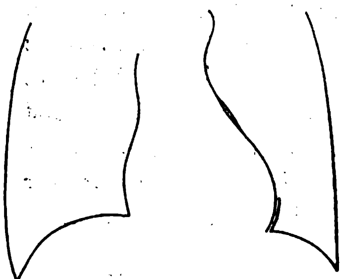


Fig. 23.
Doppelkontur am linken Vorhof.

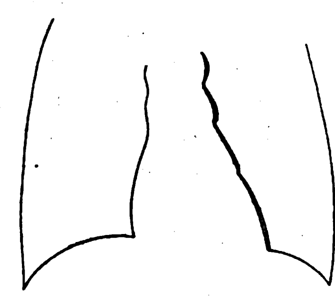


Fig. 24.

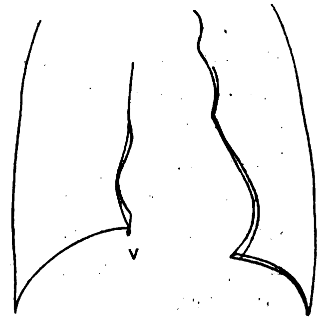


Fig. 24a. Mitralinsuffizienz
v = Wirbelsäule.

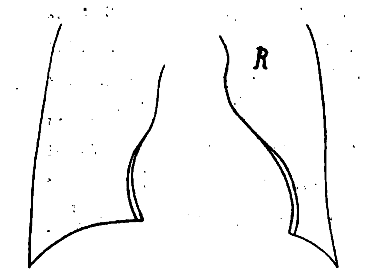


Fig. 24b.
Situs inversus.

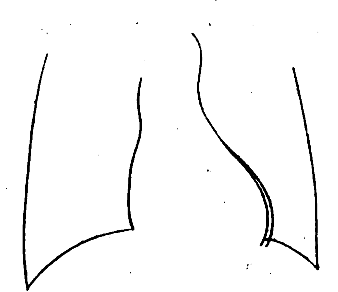


Fig. 25.

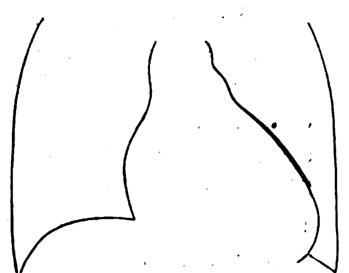


Fig. 26. Myokarditis.
Kur vom XII. 13. bis V. 14.

der letztere im Verhältnis zu ersterem, desto besser die Herzmuskelfunktion. Die diastolische Verschiebung am linken Kammerrande ist proportional der Muskelfunktion.

Da der Randschatten sich nicht überall von der diastolischen Verschiebung differenzieren läßt, werden wir die letztere nicht immer gleichmäßig und überall beobachten können. Diese Tatsache kommt in meinen Pausen dadurch zum Ausdruck, daß die diastolische Grenzlinie sich in manchen Bildern nur teilweise zeichnen ließ. Die Doppelkontur am Herzrande hat aber auch Beweiskraft, wenn wir sie nur an umschriebener Stelle beobachten.

Interessant ist nun festzustellen, welcher Vorgang sich abspielt, wenn ich von einer diastolischen Verschiebung des linken Herzrandes spreche. Das Studium der Platten ergab ein bemerkenswertes Resultat: Im allgemeinen fiel das Ende der Verschiebung mit dem Randmeßpunkt des Q_o zusammen, sie hörte spitz zulaufend an diesem Punkte auf.

Ich hatte früher zum Beweise dafür, daß die Verschiebung resp. die Doppelkontur am linken Herzrand auf einer Bewegung der linken Kammer beruht und z. B. nicht eine Bewegung des Zwerchfells, eine Perikarditis u. a. zur Ursache hat, angeführt, daß sich bei nicht ganz ruhiger Atmung auch eine Doppelkonturierung des sich bewegenden Zwerchfells und des Flüssigkeitsspiegels in der Magenblase zeige — sie sei daher ein Ausdruck für die Aufnahme der Organe in zwei verschiedenen Lagen. Ferner sprach meines Erachtens für den Zusammenhang der Doppelkontur mit der Herzbewegung, daß die auf der Platte beobachteten Höchstmaße gleich den auf dem Leuchtschirm beobachteten waren, daß sie sich nicht findet, wenn man zwecks einfacher Messung nur einen enddiastolischen Blitz anwendet, daß sie meist halbseitig ist, bei schlaffer Dilatation immer fehlt und sich bei einer Überkreuzung mit der Zwerchfellverschiebung häufig größer als die letztere erweist — das wäre nicht möglich, wenn das Zwerchfell bei der Inspiration das Herz mit nach unten zöge, es könnten dann die Verschiebungen höchstens gleich sein. Ich führe hier eine Überkreuzungspause (Fig. 14) vor.

Alle diese Gründe, die an sich beweisend sind, werden von der durchschlagenden Beweiskraft und Einfachheit jener Beobachtung übertroffen, welche ich am linken Herzrande bezüglich der Ausdehnung der diastolischen Verschiebung machen konnte. Betrachtet man die Pausenbilder, so wird es ohne weiteres klar, daß die Doppelkontur nach oben hin zur Atrioventrikulargrenze spitz zuläuft und diese nie überschreitet. Verfolgt man die Doppelkontur nach unten, so findet sie entweder ihr Ende am Zwerchfellmagenschatten, wenn keine Magenblase sich gebildet hat, oder sie umfaßt die „Herzspitze" (Fig. 15—18). In letzterem Falle lud sie entweder noch weiter aus oder zeigte (Fig. 19) bereits eine gewisse Konvergenz nach unten, um im Falle Go. (Fig. 20) bei tiefstehendem Zwerchfell schon in der Höhe des Zwerchfells zu enden, während im Falle Ho. (Fig. 21) bei mittlerem Zwerchfellstand und vorhandener Magenblase eine Vereinigung der Konturen erst an einer Stelle erfolgte, welche sicher dem unteren Ende des Sinus longitud. ant. entsprach. Im Falle 20 war der Komplementärraum der Pleura voll entfaltet, auch hier endete die Doppelkontur am Sinus long. ant.

Sowohl in ihrem Anfang wie in ihrem Ende entsprach die Doppelkontur also den Grenzen der linken Kammer, sie ist der Ausdruck ihrer Tätigkeit.

Die rechte Kammer wurde wie immer nicht sichtbar. Da sie aber, abgesehen von den seltenen Fällen von Hemisystolie, sich nicht anders verhalten wird, wie die linke, so geht aus unserer Beobachtung hervor, daß der Sinus longitudinalis anterior bei der Kammerdiastole nicht ganz aufgehoben wird, daß das Bild der Kammerbewegung sich also wie bei Fig. 22a, nicht wie bei 22b gestaltet. Es sitzt dem systolischen Kernschatten beiderseits vom Sinus longitudinalis anterior eine dem Rand der linken resp. rechten Kammer entsprechende diastolische Lumea auf, die dadurch entsteht, daß das Septum ventriculorum sich diastolisch nicht so ausdehnt, wie die Kammerwandbäuche.

Am linken Herzrand sah ich als größte diastolische Ausladung eine solche von 8 mm. Auch für den Fall, daß der linke Herzrand nicht vom linken, sondern vom rechten Ventrikel

gebildet wird, werden wir ähnliche Verhältnisse erwarten dürfen, wenngleich sich die Verschiebung wegen der geringeren Muskelmassen der rechten Kammerwand abhängiger von der Pulsfrequenz zeigen und demgemäß meist kleiner gestalten wird.

Am rechten Herzrand liegen die Verhältnisse anders. Es erscheint mir weder richtig, die diastolische Verschiebung mit Moritz als sehr gering anzunehmen, noch dieselbe als übermäßig groß anzusehen, weil ich in einem Fall (Fig. 21) 9 mm beobachtete. Im Durchschnitt ist die Verschiebung nicht sehr groß. Wir sahen sie häufig, wenn ein aufgeregter Patient während der Aufnahme nicht unwesentlich in seiner Pulsfrequenz herunterging, und wir es versäumten, die Verspätungsuhr neu einzustellen.

Auch am rechten Herzrand hatte die Verschiebung Lunulaform — als Ausdruck dafür, daß wir sie auf die Tätigkeit des rechten Vorhofes zurückzuführen haben. Würde sie dadurch zustande kommen, daß die diastolische Füllung der hypertrophischen rechten Kammer den rechten Vorhof in toto nach rechts drückte, so würde eine parallele Randverschiebung entstehen müssen. Eine solche haben wir bis jetzt nicht beobachten können.

Deneke gelang es 1907 (l. c.) nicht, eine Bewegung des linken Vorhofes gesondert auf dem Schirm wahrzunehmen, weil „die kurze an das Flügelschlagen eines aufflatternden Vogels erinnernde Bewegung desselben“ für die Beobachtung offenbar nicht günstig ist. Wir konnten nicht allein die Bewegung des linken Vorhofes durch Doppelkontur (Fall 23) auf der Platte nachweisen, sondern sahen in einem Falle (24) sogar eine Verschiebung an linker Kammer, linken Vorhof, Pulmonalis und Aorta auftreten.

Theoretisch war sowohl in dem Falle 21 wie in den beiden letzten Fällen zu verlangen, daß infolge der synchronen Arbeit der Vorhöfe an beiden Vorhöfen eine Verschiebung gleichmäßig sich zeigte. Der Randschatten hat uns aber bis jetzt fast immer einen Strich durch unsere Beobachtung gemacht. Nur in einem Falle (Fig. 24a) machte ich eine derartige Beobachtung, aber gerade hier war der linke Vorhof stark nach hinten gelagert und nahm mit seiner Doppelkontur neben dem stark erweiterten Pulmonelbogen nur auf eine Strecke von 1 cm an der Bildung des linken Herzrandes teil. Es handelte sich um eine anämische junge Patientin, bei welcher über allen Ostien gleichmäßig hörbare systolische Geräusche zunächst daran denken ließen, daß dieselben akzidentell seien. Das Röntgenbild zeigte aber eine starke Verbreiterung des Pulmonalbogens, eine sich in starker diastolischer Verschiebung des linken Kammerrandes äußernde Hypertrophie des linken Ventrikels und außerdem eine starke Aktion beider Vorhöfe (Verschiebung deutlich). Es bestand also eine kompensierte Mitralinsuffizienz mäßigen Grades ohne wesentliche Mitralkonfiguration des Herzens. (Die senkrechte Kontur *V* im untersten Teil des rechten unteren Bogens war nicht auf die Cava inferior, sondern auf die Wirbelsäule zu beziehen, welche deutlich erkennbar als schwerer Schatten durch das Herzbild verlief).

Der Fall 24b zeigt sehr schön bei Stillstand des Zwerchfells eine Doppelkontur an beiden Herzrändern. Ich habe in meiner Arbeit „Methodisches und Technisches zur Telekardiographie“ dargetan, wodurch diese Merkwürdigkeit zu erklären ist.

Zum Schlusse gebe ich noch ein Bild von akuter Endokarditis mit Verschiebung (Fig. 25) und das Bild einer Myokarditis, wo nach fünfmonatlicher Kur eine Verschiebung wieder auftrat — prognostisch natürlich ein günstiges Zeichen.

Es hat immer Autoren gegeben (Moritz, Levy-Dorn, F. M. Groedel u. a.), welche sich mit großer Liebe der Schirmbilder annahmen und auch die in unserer Zeit etwas ungewöhnliche Geduld für die Anpassung des Auges an die Dunkelkammer hatten. So gelang es Deneke, das kurze schnelle Zucken und langsame passive Wiederanschwellen des rechten Vorhofes und die stramme pumpende Bewegung des linken Ventrikels auf dem Schirm zu unterscheiden. Er sah dann in einem Falle von Transposition der großen Gefäße und Defekt der Kammerscheidewand den rechten Herzrand ebenfalls ventrikuläre Bewegungen genau gleichzeitig mit dem linken ausführen. Seine Diagnose, daß in diesem Falle der rechte Herzrand nicht

vom rechten Vorhof, sondern vom rechten Ventrikel gebildet wurde, erhielt ihre Bestätigung in der Autopie.

Der Denekesche Fall ist eine Ausnahme von der Regel, daß die Platte dem menschlichen Auge überlegen ist. Diese Tatsache erklärt sich sehr einfach dadurch, daß der Schirm uns alle Phasen vorführt, während der Telekardiograph gewollt nur zwei Phasen auswählt. Es soll auch nicht behauptet werden, daß der Telekardiograph alle Indikationen der Untersuchung erfüllt, neben ihm kommen selbstverständlich alle anderen modernen Hilfsmittel in Frage. Was aber aus meinen Ausführungen hervorgeht, ist kurz folgendes:

1. Der Telekardiograph gibt uns ein objektives Bild der Herzgröße und Herzform am Ende von Kammersystole oder -diastole oder in einer beliebigen anderen Phase. Er ermöglicht selbst feine Details in Brustkorb und Magenblase zu sehen.

2. Er gestattet uns eine Beurteilung der Herzmuskelfunktion.

3. Die diastolische Verschiebung des linken Herzrandes ist nicht eine Funktion der Pulsfrequenz allein, sondern auch abhängig von der Stärke und Beanspruchung des Herzmuskels; sie ist der Pulsfrequenz umgekehrt, der Funktion des Herzmuskels direkt proportional.

4. Der Telekardiograph ermöglicht zum ersten Male, auf der Platte Hypertrophie und schlaffe Dilatation der linken Kammer zu unterscheiden, und läßt bei Wiederauftreten der Verschiebung einen Rückschluß auf die gebesserte Herzarbeit zu.

5. Auch die einfache Ausmessung in größeren zeitlichen Abständen läßt den Erfolg oder Mißerfolg einer Kur erkennen.

6. Der Telekardiograph gibt natürliche Phasenbilder, nicht unnatürliche enddiastolische Bilder aller Herzabschnitte,

7. er gibt genau die Bewegung der linken Kammer wieder und zeigt uns in manchen Fällen auch die Tätigkeit der Vorhöfe, sowie die systolische Erweiterung der große Gefäße.

Die Fortschritte, welche mein neues Verfahren bietet, dürften wohl jedem einleuchten. Der Apparat wird hergestellt von den Veifa-Werken, Frankfurt a. M. Ich bin denselben, insbesondere Herrn Direktor Fr. Dessauer, für ihre ausgezeichnete technische Beratung zu großem Danke verpflichtet.

Meine bisherigen Arbeiten über den Telekardiographen:

1. Der Telekardiograph, ein Ersatz des Orthodiagraphen. Münchn. med. Wochenschr. XLIII, 1913.
2. Die praktischen Vorzüge des Telekardiographen vgl. Verhandlungen des Kongresses für innere Medizin 1914 und des Röntgenkongresses 1914.
3. Eine einfache Methode, die Herzspitze für die Messung des Längsdurchmessers des Herzens sichtbar zu machen, Deutsche med. Wochenschr. XXVIII, 1914.
4. Die Verwendung meines Telekardiographen, Zentralblatt für Herz- und Gefäßkrankheiten VII, 16/17, 1915.
5. Methodisches und Technisches zur Telekardiographie, Zentralblatt für Herz- und Gefäßkrankheiten, Heft 24, 1915.
6. Über einige angeborene Herzanomalien. Ibidem 1916, Heft 11/12.

Ein Dermograph für Röntgenzwecke mit Schutzvorrichtung für den Untersucher (Stigmatograph).

Von

Prof. Dr. **Max Levy-Dorn**, leitender Arzt am Rudolf-Virchow-Krankenhaus zu Berlin und Garnison-Lazarett II Berlin-Tempelhof.

Während der Untersuchungen mit dem Röntgenschirm haben wir nicht selten die Aufgabe, das Gesehene auf die Haut des Kranken zu projizieren und durch Punktieren festzuhalten. Es sei nur erinnert an die Aufzeichnung der Herzgrenzen, der großen Gefäße, des Zwerchfells und besonders der Fremdkörper, wie Geschosse.

Je häufiger der Untersucher in die Lage kommt, die röntgenoskopische Dermographie auszuführen, desto dringender muß er einen genügenden Schutz verlangen, um sich nicht selbst in Gefahr zu bringen. Die geläufigen Maßregeln, d. h. möglichst weite Abblendung der Röhre, Bedecken des Schirms mit Bleiglas, Schutzhandschuhe reichen nicht aus oder behindern zu sehr, wenn die Hand im Strahlenbereich arbeiten muß.

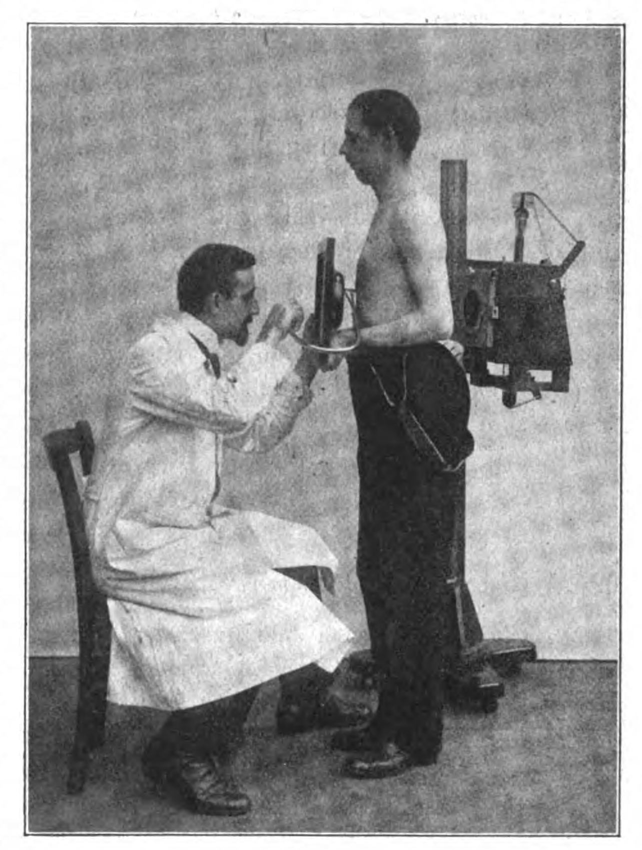


Fig. 1.

Ich gebrauchte bisher für den gedachten Zweck einen besonderen metallenen Dermograph, der am Schreibende kurz umgebogen war oder einen durchlochten Schirm, durch welchen ein Punktierstift gestoßen wurde. (Siehe Levy-Dorn usw., Kongreß für innere Medizin 1899—1901, wie Deutsche med. Woch. 1900, Nr. 35 bis 37.) Unter Mitwirkung der Firma Siemens & Halske Aktiengesellschaft ist es mir gelungen, den Punktierapparat weiter zu vervollkommnen (siehe beistehende Abbildungen).

Als Schreibmasse benutzte ich bisher ausschließlich Stempelfarbe, weil man mit ihr die kräftigsten Farbenzeichen erhält. Sie hat aber den Nachteil, Untersucher wie Kranken schon bei geringer Unvorsichtigkeit zu beschmieren und zu beklecksen. Eine federnde Schutzhülse am Ende der Punktographen und eine geeignete Tropfvorrichtung zur Übertragung der Stempelfarbe bilden allerdings brauchbare Behelfe. Gleichwohl lehrt die Erfahrung, daß sie nur dem sorgfältigen Arbeiter Genüge tun.

Durch Gebrauch eines farbigen Fettstiftes läßt sich die Gefahr des Beschmutzens vollständig beseitigen. Dem Übelstand, daß die Haut dann die Farbe schwerer annimmt, wurde durch eine besondere Vorrichtung Rechnung getragen, durch welche der Fettstift beim Aufpressen auf die Haut über eine Schraubfläche gedreht wird.

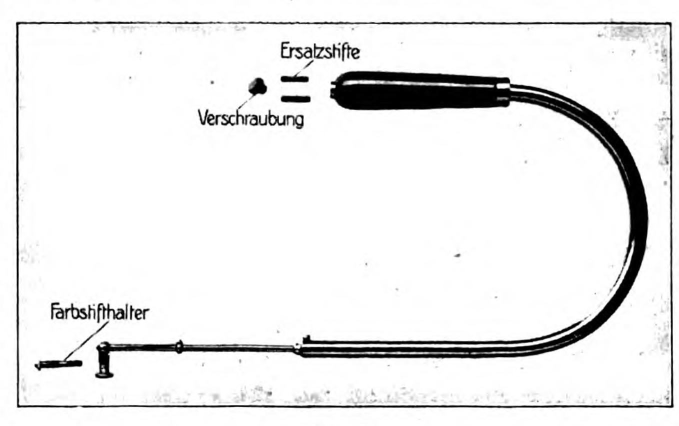


Fig. 2.

Der Farbstift ist 2 cm lang und steht senkrecht zum Stiel des Apparats, so daß er leicht zwischen dem Kranken und Schirm gebracht werden kann. Das Ende des Farbstifthalters ist mit Blei armiert, um bei Durchleuchtungen stärker in die Augen zu fallen.

Nach dem Griff zu ist der Stiel, ähnlich wie beim Distinktor, weit umgebogen, so daß er beim Arbeiten den Leuchtschirm umgreift. Die den Punktierapparat haltende Hand kommt daher zwischen Bleiglas und Untersucher, kann auch bei geringem Abstand zwischen Kranken und Schirm frei bewegt werden.

Die Hand des Untersuchers ist hierbei mindestens durch das Bleiglas, bei starker Abblendung aber doppelt und bei gleichzeitigem Gebrauch von Handschuhen dreimal geschützt.

Der Griff beherbergt in seiner Höhlung mit Schraubdeckel einige Ersatzstifte. Zum Erneuern des Stiftes wird die den Farbstifthalter niederdrückende Feder etwas abgehoben und zur Seite gedreht, und dann der Halter abgeschraubt. Der in der Hülse steckengebliebene Rest des Farbstiftes wird mit einer durch die obere Bohrung der Hülse geführten Nadel herausgedrückt. Um eine solche stets bereit zu haben, ist eine Nadel an der Verschlußschraube des Handgriffs angebracht. Der neue Stift kann am besten mit einer Pinzette eingeführt werden. Man vergesse nicht bei Anwendung von Farbstiften diesen oder die Haut des Kranken vor dem Gebrauch ein wenig einzufetten. Stark behaarte Körperstellen müssen gelegentlich geschoren werden. Der Apparat wird Stigmatograph genannt. (Einzelne Änderungen vorbehalten.)

Außer Punkten lassen sich mit ihm auch leicht Striche und größere Umrisse unter Führung des Leuchtschirms auf die Haut übertragen. Nur für die selten notwendigen Punktierungen innerhalb der Achselhöhlen ist ein geradliniger Apparat vorzuziehen.

Zur Röntgentiefentherapie im Kriege.

Von

Dr. **A. Hessmann,** leitendem Arzt der Röntgenabteilung des Krankenhauses am Urban, Berlin.

Nachdem im letzten Jahre vor dem Kriege die Tiefentherapieapparatur immer mehr vervollkommnet worden war, zeigte erst vor kurzem die Firma Siemens & Halske in Berlin ein neues Universalinstrumentarium zum Betrieb der Glühkathodenröhre, das einmal die diagnostische Röntgentechnik in grundlegender Weise vereinfachte und außerdem für die Zwecke der Tiefentherapie ein Arbeiten mit homogenen bzw. annähernd homogenen Strahlen in eigenartiger Weise ermöglichte. Leider ist aber ein solches für die Karzinomtherapie besonders bedeutsames Universalinstrumentarium noch nicht zu haben, da infolge des Krieges der Mangel an technischen Hilfskräften immer fühlbarer wird.

Andererseits stellt der schon längere Zeit im Handel befindliche und für die Zwecke der Tiefentherapie im Verein mit der Amrheinröhre besonders brauchbare Apparat von Dessauer derartige Anforderungen an die Wartung der einzelnen Teile und an die Überwachung seitens des Röntgenarztes, daß z. B. an einer in dieser Hinsicht führenden Stelle, nämlich der Berliner Universitäts-Frauenklinik, die Röntgentherapie der Karzinome sehr bald während des Krieges eingestellt werden mußte und erst vor einiger Zeit wieder aufgenommen werden konnte.

Die Frage, ob die Röntgentiefentherapie nicht auch ohne komplizierte Apparate während des Krieges betrieben werden kann, ist daher wichtig genug, sofern die Bedingung hieran geknüpft wird, mit den in der Röntgenpraxis schon vorhandenen einfachen Universalinstrumentarien dieselben oder ähnliche Erfolge zu erzielen wie mit komplizierten Apparaten.

Daß diese Bedingung wenigstens für einen größeren Teil von Karzinomen erfüllt werden kann, zeigen meine Erfahrungen, die ich in der Röntgenabteilung des Krankenhauses am Urban und in der Privatpraxis gesammelt habe. Dort steht mir eine von Koch und Sterzel stammende und bei angespanntem Betrieb schon drei Jahre gleichmäßig zuverlässig arbeitende Induktoreinrichtung mit wahlweisem Wehnelt- oder Gasunterbrecherbetrieb zur Verfügung. Die maximale Spannung beträgt nur 110 Volt. Hier arbeite ich mit 220 Volt und dem sogenannten Duplexapparat von Siemens & Halske, der trotz seines Ausbaues als Universalinstrumentarium die Zwecke der Tiefentherapie in ausgezeichneter Weise berücksichtigt. Beide Hochspannungsquellen gehören zum Typ der Intensivinduktoren, die immer die Voraussetzung einer gehörigen Tiefenwirkung bilden. Als Unterbrecher kommen für die Tiefentherapie in erster Linie die Gasunterbrecher in Frage. Ist nur der Wehneltunterbrecher vorhanden, so kann man diesen

ebenfalls verwenden, wie ich das z. B. aus äußeren Gründen jahrelang im Krankenhause habe tun müssen, doch haften ihm einige Nachteile an. Denn einmal vertragen die Röhren, wenigstens wenn sie die notwendige Härte von 7—8 Waltereinheiten haben, auf die Dauer nur schwer eine starke Belastung, die einen Wert von 2,5—3 Milliampère haben soll. Außerdem ist Dauerventilation des Arbeitsraumes zur Absaugung der entstehenden Gase notwendig, falls der Wehneltunterbrecher im Zimmer steht. Die einfache Deckölschicht genügt jedenfalls beim Dauerbetrieb nicht, und stärkere Ölschichten geben leicht Anlaß zu heftigeren Explosionen. Auch die Schalldämpfung läßt sich beim Dauerbetrieb nicht mit den üblichen Mitteln in ausreichendem Maße erzielen. Alle diese Nachteile hat der Gasunterbrecher nicht. Seine Wartung ist einfach und kann von jedem Gliede des Betriebspersonals nach entsprechender Anweisung geleistet werden. Ohne jede Schwierigkeit können Röhren von 7—8 Waltereinheiten dauernd mit 3 MA. belastet werden. Natürlich halten nur gute Tiefentherapieröhren eine solche Belastung Tag für Tag stundenlang aus. Man tut daher gut, sich mehrere Tiefentherapieröhren anzuschaffen, um den Betrieb einigermaßen ökonomisch zu gestalten; denn die Lebensdauer einer überanstrengten Röhre beträgt höchstens etwa zwei Monate. Gute Tiefentherapieröhren sind jetzt im Handel unschwer zu haben, deren Hauptnachteil in einem relativ hohen und während des Krieges stetig steigenden Anschaffungspreise besteht. In meinen Betrieben haben sich die Siedekühlröhren von Fürstenau und von Müller dauernd durch eine ausgezeichnete Konstanz des Vakuums bewährt, so daß ich diese Röhren besonders auch für die Zwecke der Karzinomtherapie empfehlen kann. Allerdings arbeiten gute Tiefentherapieröhren einwandfrei nur mit einer Fernregulierung, von denen beim Gasunterbrecher die Gasfernregulierung die gegebene ist.

Besitzt man irgend einen derartigen Apparatkomplex, so ist weiter von wesentlicher Bedeutung für den Erfolg einer Tiefenbestrahlung die richtige Wahl des Filters. An erster Stelle steht zurzeit noch das Aluminiumfilter. Soweit mir bekannt ist, gilt bis heute als Höchstmaß der Dicke 5 mm bei der perkutanen Bestrahlung, während bei der Vaginaltherapie im allgemeinen ein Filter von höchstens 2 mm Dicke genommen wird; solange noch stärkere Tumormassen vorhanden sind, sogar nur solche von 1 mm Stärke. Wie die Erfahrung gelehrt hat, ermöglicht es diese relativ geringe Filterung, die vaginale Strahlendose bis auf etwa 30 Volldosen nach Sabouraud und Noiré unter dem Filter zu erhöhen, ohne daß irgendein nennenswerter Schaden bei Beobachtung sämtlicher Kautelen eintritt. Als Äquivalent und Maß der Volldose ist in der Folge stets die Teinte B des Originaldosimeters von Sabouraud und Noiré zu verstehen. Für die jetzt von Koch und Sterzel gelieferte Teinte B, die einen stärkeren Verfärbungsgrad zeigt, ist der entsprechende Wert auf etwa 25 Volldosen nach Sabouraud und Noiré zu bemessen. Bei der heute üblichen Belastung von 3 MA. ist eine derartige Dosis relativ schnell erreichbar.

Vaginale Röntgentherapie.

Unbedingt notwendig ist übrigens speziell bei den Portiokarzinomen eine so starke Belastung nicht. Man kommt in solchen Fällen schon mit 2 MA. aus. Dies zeigen vier Fälle von Portiokarzinom aus den Jahren 1913, 1914 und 1915, die klinisch geheilt worden sind. Ein Fall mit relativ geringen Veränderungen wurde schon nach einem Turnus zur klinischen Heilung gebracht. Leider hat sich diese Patientin der weiteren Kontrolle entzogen. In den drei anderen Fällen handelt es sich um vorgeschrittene, inoperable Portiokarzinome mit Übergreifen des Tumors auf die Vagina, aber mit relativ geringem parametranen Infiltrat. Mikroskopisch wurde die klinische Heilung in zwei von diesen Fällen bestätigt, während im dritten Fall die mikroskopische Untersuchung noch Karzinomzellen ergab bei makroskopischem Schwund des Tumorgewebes. Weitere Bestrahlung zeitigte dann vollkommene klinische Heilung; denn die dauernde Kontrolle, der sich die Patientin weiterhin unterzog, zeigt auch jetzt, etwa 25 Monate nach der letzten Bestrahlung, nicht das geringste Zeichen eines Rezidivs.

Dagegen traten in den beiden auch mikroskopisch im Sinne der Heilung beeinflußten

und nach der Entlassung nicht mehr bestrahlten Fällen nach 14 Monaten und nach $3^1/_2$ Monaten Rezidive auf[1]). Möglich, daß deren Auftreten durch die relativ geringe Belastung von 2 MA. begünstigt wurde. Auf jeden Fall ergibt sich aus diesen Tatsachen die Notwendigkeit, jeder klinischen Heilung von Uterus- bzw. Vaginalkarzinom die chronische, intermittierende Röntgenbehandlung der befallenen Teile folgen zu lassen, die bei der postoperativen Bestrahlung schon längst gefordert worden und anerkannt ist.

Drei weitere Fälle von inoperablem Portiokarzinom wurden mit Hilfe der geschilderten einfachen Methodik der klinischen Heilung nahegebracht, d. h. der Portiotumor schwand und das parametrane Infiltrat ging bis auf geringfügige Reste zurück.

Daß auch intensive Röntgenbestrahlungen, d. h. eine Behandlung mit einer 7—8 Walter-einheiten harten und mit 3 MA. belasteten Siedekühlröhre die chronisch intermittierende Röntgenbehandlung nicht erübrigen kann, zeigt ein anderer Fall von vorgeschrittenem inoperablen Uteruskarzinom, der bis zur Grenze der klinischen Heilung gebracht, bereits 2 Monate nach Aussetzen der Röntgentherapie wieder ein wenn auch geringfügiges Wachstum des parametranen Infiltrats aufwies und deshalb sofort wieder der Röntgenbehandlung unterzogen werden mußte.

Hervorzuheben ist aber, daß durch die vaginale intensive Röntgentherapie selbst vorgeschrittene Fälle noch auf kürzere oder längere Zeit wesentlich zu bessern sind, zumal wenn in resistenteren Fällen das Radium zur Unterstützung herangezogen wird. Beispiele hierfür bilden drei weitere Fälle von inoperablem Uteruskarzinom und ein Fall von Vaginalkarzinom.

Nach den angegebenen Daten haben also Patientinnen mit Portiokarzinom Anwartschaft auf eine günstige Prognose. Daran muß erinnert werden, wenn man nicht so selten noch heute einer ziemlich geringen Einschätzung der Röntgentiefenbestrahlung begegnet. Unnötig hierbei zu betonen, daß vor der Röntgenära die klinische Heilung des Portiokarzinoms mit dem Ferrum caudens oder sonstigen Mitteln ganz ausnahmsweise gelang und dann als etwas ganz Besonderes galt. Einen gewissen Halt gibt den Skeptikern gegenüber der Röntgentherapie allerdings der Hinweis, daß Dauerheilungen in größerer Zahl noch ausstehen. Dieser Vorwurf verliert mit jedem Jahre mehr an Kraft. Denn die geforderte Zeit von fünf Jahren ist manchen Ortes schon erfüllt und das dort gefällte Urteil nicht gerade im Sinne der Skeptiker ausgefallen. Auch werden Dauererfolge beim inoperablem Uteruskarzinom, besonders aber beim Portiokarzinom erst mit der Einführung der chronisch intermittierenden Röntgenbehandlung allgemeiner werden, eine Forderung, die sich erst durchsetzen muß.

Wenn auch deren Durchführung jetzt im Kriege bei dem reichlichen Material an inoperablen Uteruskarzinomen selbst in großen Krankenhäusern nicht geringe Schwierigkeiten bereitet, so erfordert die Sache unbedingt, daß die chronisch intermittierende Röntgenbehandlung später in sämtlichen Röntgenabteilungen durchgeführt wird, wo überhaupt gynäkologische Behandlung getrieben wird. Wenn der Etat daraufhin nicht zugeschnitten ist, muß er entsprechend geändert werden; denn naturgemäß werden die Kranken am besten auch dort ambulant weiter bestrahlt, wo sie stationär behandelt worden sind. Den erhöhten Ausgaben infolge Änderung der Organisation der klinischen Röntgenabteilungen steht der schwerwiegende soziale Faktor gegenüber, daß zahlreiche Frauen der Familie und dem Erwerbsleben durch die intermittierende Röntgenbehandlung erhalten werden können.

Diese verläuft am besten so, daß die betreffenden Patientinnen nach Schluß der stationären Röntgentherapie jeden Monat einmal vaginal[2]) kontrolliert werden. Ist nichts Verdächtiges festzustellen, so wartet man mit der Bestrahlung bis zu drei Monaten nach Schluß der letzten Behandlung. In jedem Fall setzt dann die ambulante Röntgentherapie in angemessener Dosis

---

[1]) Der erstere Fall unterzog sich der Weiterbehandlung, das Rezidiv wurde beseitigt und die Patientin weiter intermittierend bestrahlt. Ihr Befinden ist jetzt drei Jahre nach Beginn der Behandlung subjektiv wie objektiv ein günstiges. Der andere Fall entzog sich der Weiterbehandlung und ist inzwischen ad exitum gekommen.

[2]) und rektal.

(d. h. bis zu etwa 20—30 S.N.) ein, die im ersten Jahr vierteljährlich wiederholt wird. Im zweiten Jahr können dann die Pausen schon größer bemessen werden.

Wichtig für den Röntgentherapeuten ist, zu entscheiden, welche Fälle von inoperablem Uteruskarzinom von der Röntgenbehandlung auszuschließen sind. Kontraindikationen bilden starke Cachexie mit Fernmetastasen und vorgeschrittenes Beckeninfiltrat nach Uterusexstirpation, außerdem eine durch Tumor so stark verengte Vagina, daß die gebräuchlichen Bleiglastuben nicht mehr eingeführt werden können und Perforation von Karzinommassen der Vagina in die Nachbarorgane, vor allem nach schwerer Radiumverbrennung. Zuweilen kann die Röntgentherapie auch in progredienten Fällen noch versucht werden, wo die gynäkologische Radium- bzw. Mesothoriumbehandlung wegen stärkerer lokaler Reizerscheinungen besonders seitens des Rektum und wegen Einsetzens hohen Fiebers nicht durchgeführt werden kann. Dies zeigt z. B. ein Fall eines weit vorgeschrittenen Portio-Vaginalkarzinoms, der mit starker Blutung und Jauchung nach vergeblicher Mesothoriumtherapie von gynäkologischer Seite dem Krankenhause überwiesen war. Die sofort einsetzende intensive Röntgenbehandlung wurde von der stark heruntergekommenen Patientin ohne jede lokale und allgemeine Reizerscheinung unter Beseitigung der Blutung vertragen, wenn auch ein wesentlicher Rückgang des Karzinoms wegen völliger Durchwucherung des Spatium vesico-vaginale und des Septum urethrovaginale nicht mehr zu erzielen war. Nachdrücklich muß daher betont werden, daß die Indikation für die vaginale Tiefentherapie soweit wie möglich gestellt wird, da so mancher progrediente Fall noch vor dem Siechenhaus gerettet und wieder arbeitsfähig gemacht werden kann. Voraussetzung hierfür ist eine gute vaginale Tiefenbestrahlungstechnik, die selbstverständlich nicht von heute auf morgen zu erlangen ist. Auch führt häufig genug erst die Kombination mit der perkutanen Parametranbestrahlung und der Radiumbehandlung zum Ziele. Da ich mit der 1 und 2 mm-Aluminiumfilterung bei steigender Belastung im Laufe der Zeit immer schnellere Resultate bei Portio- und Vaginalkarzinom mit Hilfe passender Bleiglastuben erzielt habe, so habe ich vorläufig keinen Grund, von dem üblichen Verfahren abzugehen.

Bestrahlung ulzerierter Tumoren der Körperoberfläche.

Dasselbe gilt für die Behandlung ulzerierter Tumoren an der Körperoberfläche, bei denen jedenfalls eine Steigerung der Filterdicke bis zu 5 mm im allgemeinen genügt.

Perkutane Röntgenbehandlung maligner Tumoren mit Hilfe der 10 mm-Aluminiumfilterung.

Anders liegt die Sache bei der perkutanen Röntgenbestrahlung. Bis zum Jahre 1913 war auch bei mir die Methode der 3 mm-Filterung die übliche. Gelegentliche stärkere Hautreaktionen[1]) veranlaßten mich, die Filterdicke Millimeter um Millimeter zu steigern, so daß ich seit dem Juni 1915 in geeigneten Fällen 10 mm-Aluminiumfilter benutze. Für den Gebrauch dieses Massenfilters ist von dem eben erwähnten Gesichtspunkte der möglichsten Hautschonung aus speziell mit Rücksicht auf die stets anzuschließende intermittierende Röntgenbehandlung eine besondere Methode ausgebildet worden. Sie ist indiziert bei subkutanen oder in der Tiefe gelegenen Tumoren, die mehr oder weniger arm an Protoplasmasubstanz sind; außerdem in solchen Fällen, die bei Anwendung geringerer Filterdicken nicht reagieren. Bei deren Ausübung hat sich als empfehlenswert herausgestellt, die hierbei besonders hart zu nehmenden Röhren im Blendenkasten höher als gewöhnlich zu stellen. Asbestblöcke, die auf den Filzklötzen befestigt werden, haben sich wegen des bei Dauerbetrieb leicht entstehenden Ansengens des Filzes hierfür bewährt. Die Filterschichten können entweder auf Leitschienen unter dem Blendenkasten angebracht werden, oder noch einfacher als entsprechend dicke Einsätze dem Ausschnitt des Blendenkastens eingepaßt werden.

Man könnte nun denken, daß bei Gebrauch von 10 mm-Filter die Volldose nach S.N.

[1]) und die unzureichende Rückbildung mancher Tumoren.

erst relativ spät erreicht werden könnte. Dem ist bei der 7—8 Walter harten und mit ca. 3,5 MA. belasteten Röhre nicht so. Vielmehr wird die Volldose bei einer Fokus-Haut-Distanz (F.-H.-D.) von 30 cm in 25 Minuten erzielt, bei einer F.-H.-D. von 25 cm, also in 17 Minuten und bei 20 cm F.-H.-D. schon in 11 Minuten. Selbst bei dieser Filterdicke können demnach in einer Sitzung stets eine Volldosis, bei geringeren Fokus-Haut-Distanzen sogar bis zu zwei Volldosen verabreicht werden. Dabei kann man bei dem von mir gewählten Verfahren die Maximaldose bis etwa zur 15fachen Volldose (Original-Teinte B von Sabouraud und Noiré) steigern, während bei 3 mm-Aluminiumfilter die Steigerung der Maximaldose nur bis zur drei- bis vierfachen Volldose möglich ist. Allerdings sind bei Anwendung des 10 mm-Aluminium-Filterverfahrens besondere Kautelen notwendig.

Nach meinen fast zweijährigen Erfahrungen empfehle ich, zunächst bis zu sechs Volldosen zu verabreichen und zwar in wöchentlich dreimaligen Sitzungen. Bis zu zehn Volldosen sind dann die Sitzungen nur zweimal wöchentlich zu wählen. Darüber hinaus ist dann wöchentlich nur eine Sitzung bis zu maximal 15 Volldosen[1]) (entsprechend etwa 12 S.N. nach der von Koch und Sterzel gelieferten Teinte B) erlaubt. Tritt vorher ein Erythem auf, so ist die Bestrahlung unbedingt auszusetzen. Wenn man in jeder Sitzung nur eine Volldose nach S.N. gibt, braucht man bis zur maximalen Dose 9 Wochen, dabei sind aber 10 Volldosen, die je nach dem elementaren Aufbau des Karzinoms häufiger schon zu dessen Zerstörung ausreichen, bereits nach 4 Wochen verabreicht. Bei der Dose von $1^1/_2$ S.N. pro Sitzung ergeben sich als entsprechende Zeitwerte 6 und 3 Wochen und bei 2 S.N. pro Sitzung nur 5 und 2 Wochen. Wo immer angängig wähle man der Zeitersparnis halber die große Sitzungsdose[2]); denn es ist klar, daß bei ausgedehnten Röntgenkuren interkurrente Erkrankungen oder andere Komplikationen ein möglichst schnelles Verabfolgen der Maximaldose, worauf alles ankommt, leicht verhindern oder so wesentlich hinausschieben können, daß der Zweck der Behandlung nicht bzw. nur unvollständig erreicht wird. Bei sehr empfindlichen Patienten, die in der Privatpraxis leider nicht selten sind, kann indessen meist nur eine Sitzungsdose von $1^1/_2$ S.N. gegeben werden.

Da häufiger auch kleinere Tumoren nach einem Turnus noch nicht völlig geschwunden sind, muß ein zweiter angeschlossen werden. Die Pause soll im allgemeinen 6 Wochen dauern. Nur wo der Tumor im Laufe dieser Zeit Neigung zum Wachstum zeigt, kann die Bestrahlung bereits nach 4 Wochen fortgesetzt werden. Wo nur möglich, ist zumal bei größeren Tumoren auch bei dieser Methode die Mehrseitenbestrahlung zu wählen und dann 8—10 S.N. von jeder Seite zu verabreichen.

Mit Hilfe der 10 mm-Aluminiumfilterung bzw. der Kombination verschiedener Filterdicken (8 und 9 mm, 8 und 10 mm) sind behandelt worden:

3 kleine operable Mammatumoren, 1 nicht radikal operierbares Lymphosarkom, 1 schwer heilende Fistel nach linksseitiger Oberkieferresektion wegen malignen Tumors, 1 inoperables nicht ulzeriertes Mammakarzinom und 1 vorgeschrittener Fall von Rippen-Lungentumor.

In 4 Fällen war der Erfolg im Sinne einer klinischen Heilung zu bewerten, in 3 Fällen im Sinne einer wesentlichen Besserung, die bei dem Lungentumor auch im Röntgenogramm festgestellt werden konnte. Das inoperable Mammakarzinom schrumpfte ein, so daß der Rest nur noch als eine bindegewebige Platte imponiert. Die Fistel und das Lymphosarkom von derber Beschaffenheit kamen unter dem 10 mm-Aluminiumfilter zur Heilung.

Von den 3 operablen Mammatumoren, die etwa die Größe einer Kirsche und darüber aufwiesen, ging der eine völlig, der andere bis auf einen schmalen, kurzen und anscheinend bindegewebigen Strang zurück. Eine irgendwie wesentliche Hautreaktion war dabei nicht zu beobachten. Der dritte wurde kleiner, derber und konnte nur aus äußeren Gründen vorläufig nicht weiter behandelt werden. Abgesehen von dem Rippen-Lungentumor befinden sich sämtliche Fälle in Kontrolle, 4 davon in stetiger intermittierender Behandlung.

Bezüglich der Indikation der Röntgenbestrahlung operabler Tumoren bin ich mit Bumm,

[1]) Original-Teinte B von Sabouraud und Noiré.

[2]) Natürlich ist dann die Hautreaktion stärker.

Krönig und Gauß der Ansicht, daß nur kleine operable Tumoren etwa bis zur Größe einer Walnuß Gegenstand der Röntgenbehandlung sein dürfen. Diese Indikation hat besonderen Wert in den Fällen, wo z. B. die eine Mamma wegen Karzinom amputiert ist, bald aber auch die andere Seite in demselben Sinne erkrankt. Verwindet manche weibliche Psyche schon schwer den Verlust der einen Brust, so kann die Wegnahme auch der anderen geradezu deletär in dieser Hinsicht wirken. Entwickelt sich also in der noch vorhandenen Brustdrüse ein Karzinomknoten, so sollte wenigstens ein Versuch mit der Röntgenbestrahlung gemacht werden. Länger als 2 Turnus darf dieser allerdings nicht ausgedehnt werden. Sofern dann der Tumor nicht deutliche Neigung zum Verschwinden zeigt oder gar in der Umgebung Metastasen auftreten, muß, wenn irgendwie angängig, auch die zweite Mamma amputiert werden. Größere operable Tumoren besonders der Mamma müssen dagegen von vornherein operiert werden. Denn wenn bei intensiver Röntgentiefentherapie auch solche Geschwülste einschmelzen können, so pflegen doch im Laufe einer größeren Zahl von Röntgenturnus, die zur Beseitigung größerer Karzinommassen immer notwendig sind, Metastasen in Pleura oder Lunge aufzutreten[1]). Die Indikation zur Bestrahlung größerer operabler Tumoren sollte daher fallen gelassen werden.

Unverändert weiter besteht natürlich auch bei der 10 mm-Aluminium-Filtermethode die Indikation zur Bestrahlung inoperabler Tumoren besonders auch der Mamma. Bietet doch diese Behandlung noch die Möglichkeit, den betreffenden Kranken einigermaßen zu helfen. Gerade hier erlebt man gar nicht so selten Überraschungen, aber in gutem Sinne. Selbst große Tumoren schrumpfen bei der Mehrseitenbestrahlung ganz erheblich zusammen. Vor einer Überschätzung des zu erzielenden Erfolges und einer falschen Prognose bewahrt auch bei den inoperablen Fällen neben genauer Beachtung des klinischen Befundes die Bild- bzw. die Durchleuchtungskontrolle.

Von einer besonderen Kasuistik inoperabler Fälle möchte ich absehen und nur noch auf den Erfolg bei 2 inoperablen Fällen von Magenkarzinom hinweisen. Bekanntlich ist die Prognose für die Röntgenbestrahlung gerade auf diesem Gebiet nicht als günstig zu bezeichnen. Mit Hilfe der 10 mm-Aluminium-Filtermethode konnte ich indessen die bereits angedeuteten Ausnahmen erzielen. In beiden Fällen handelte es sich um Tumoren, die bei der Operation als etwa faustgroß angesprochen wurden. Beide Patienten erfreuen sich des besten Wohlseins; der eine ist jetzt etwa ein Jahr nach der Operation, der andere etwa 2 Jahre. Dieser wurde vor einiger Zeit von einem namhaften Magenspezialisten eingehend untersucht und dabei klinisch kein Anhaltspunkt für Tumor gefunden. Jener wies bald nach der Operation die Komplikation multipler Knoten unter der Operationsnarbe auf. Sie schwanden auf die Bestrahlung. Das Allgemeinbefinden ist nach Aussage des den Fall überwachenden Magenspezialisten glänzend. Der Erfolg mag daran liegen, daß es sich hier um mehr zirkumskripte Tumoren handelt, während diffus infiltrierende Karzinome sicher nicht in diesem Sinne reagieren. Natürlich ist der Einwand zu erwarten, daß die Besserung à conto der Gastro-Enterostomie zu setzen ist, die in beiden Fällen angelegt wurde, oder aber, daß es sich gar nicht um Karzinome gehandelt hat. Hiergegen spricht der Name des Operateurs (Professor Borchardt-Berlin) und außerdem die Tatsache, daß sich in dem einen Fall Knoten im Bereiche der Operationsnarbe bildeten.

Da bisher der häufig mangelnde Erfolg oder aber das Eintreten mehr oder weniger starker Hautschädigungen bei der perkutanen 3 mm-Filtermethode die größte Schranke für die Ausdehnung der Röntgentiefentherapie bildete, wird die 10 mm-Filterung nach beiden Richtungen hin bessernd eingreifen und damit die Indikationen für die Röntgentiefenbestrahlung weiter sichern.

Aufgabe weiterer Arbeit muß es sein, kleine Lymphdrüsenreste, die man zuweilen nach Tumorbestrahlung in besonderer Härte vorfindet, völlig zu beseitigen. Die 8 mm-Filtermethode,

[1]) Aus solcher Erfahrung heraus hat sich bei mir gerade bei den Mammakarzinomen die Gewohnheit herausgebildet, vor jedem Turnus eine Röntgenaufnahme der in Betracht kommenden Teile anzufertigen oder wenigstens eine Durchleuchtung vorzunehmen; vor unliebsamen Überraschungen ist man dann geschützt.

die ich für andere gleich zu erwähnende Zwecke ausgebildet habe, dürfte hierbei der 10 mm-Filterung vorzuziehen sein. Besonders bei Mammakarzinom, wo es sich bei Bestrahlung der zugehörigen Lymphdrüsen um kleinere Gebiete handelt, hat sie noch den Vorteil, daß die meist notwendige Oberflächendose von 4—6 Volldosen relativ schnell erreicht wird.

Auch bei der Bestrahlung protoplasmareicher Tumoren genügt im allgemeinen die 8 mm-Filterung vollkommen bei einer Steigerung der Oberflächendose bis zur Maximaldose von 8 S.N.

Postoperative Bestrahlung mit Hilfe der 8 mm-Filterung.

Die gegebene Methode ist die 8 mm-Filterung indessen für die postoperative Bestrahlung, wo es gilt, etwaige oder geringfügige Reste malignen Gewebes zu zerstören, die Haut aber bei der notwendigen chronisch intermittierenden Röntgenbehandlung so viel wie irgend möglich zu schonen. Wenn hierbei wie z. B. nach Amputatio mammae die ganze Brustgegend im Bereiche der Narbe zu bestrahlen ist, so nehme ich der gleichmäßigen Wirkung halber die ziemlich große F.-H.-D. von 30 cm. Bei der Bestrahlung der zugehörigen Drüsengebiete und deren Umgebung kann die F.-H.-D. auch zu 25 cm gewählt werden, sofern die Abmessungen des jeweiligen Bestrahlungsfeldes das gestatten.

Je nachdem, ob der Chirurg alles Kranke entfernt hat oder im Zweifel darüber ist, gibt man 3 oder 4 Volldosen pro Feld, in besonderen Fällen auch mehr, bis zu 6 S.N., und zwar in jeder Sitzung gleich $1^{1}/_{2}$ Volldosen. Unter den früher gegebenen Verhältnissen der Strahlenhärte und der Röhrenbelastung gebraucht man für $1^{1}/_{2}$ S.N. bei 30 cm F.-H.-D. 30 Minuten, bei 25 cm F.-H.-D. also nur 21, und der ganze Turnus ist in der Regel in 6 bzw. 9 Sitzungen beendet. Die Verteilung der Sitzungen in der Woche richtet sich nach dem Befinden des Kranken. Es empfiehlt sich, wöchentlich nicht mehr wie 3 und nicht unter 2 Sitzungen zu nehmen. Ein zweiter Turnus darf bei der 8 mm-Methode im allgemeinen erst nach 4 Wochen erfolgen. Liegt kein Grund zur Annahme eines Rezidivs vor, so wartet man bei der chronisch intermittierenden Röntgenbehandlung sogar besser bis zu 6 Wochen. Wenn von anderer Seite bei geringerer Filterung die Pause zwischen den einzelnen Turnus nur auf 3 Wochen bemessen wird, so birgt dieser relativ kurze Zwischenraum bei einer chronisch intermittierenden Röntgenbehandlung doch die Gefahr einer schließlich dauernden Hautschädigung in sich.

Sind an anderen Körperteilen kleinere Gebiete postoperativ zu bestrahlen, so kommt man natürlich mit geringeren F.-H.-Distanzen aus, wodurch die Kur bei der 8 mm-Filtermethode erheblich abgekürzt wird. Berücksichtigt man die Volldosenzeit z. B. bei 25 cm F.-H.-D. mit 14 Minuten und bei 20 cm mit 9 Min., so kann man in einer Sitzung 2 ja 3 Volldosen geben.

Postoperativ sind 16 Fälle behandelt, 14 davon befinden sich in chronisch intermittierender Röntgenbehandlung, die zum Teil etwa 4 Jahre zurückreicht. Im Laufe derselben zeigten sich häufiger kleine Drüsenbildungen, die auf die sofort einsetzende Behandlung wieder zurückgingen. Dagegen trat in einem Falle postoperativer Mammabestrahlung nach etwa 4 Jahren ein Rezidiv auf. Im Bereich der früher nur mit 3 mm-Aluminiumfilter bestrahlten Haut machten sich nämlich atrophische Zustände mit Teleangiektasien bemerkbar, während die Veränderungen der Hautdecke in der Umgebung der Operationsnarbe eine feste mehr narbenartige Beschaffenheit aufwiesen. Hier kam es schließlich zu maligner Degeneration des Gewebes. Die hiergegen eingeleitete starke Bestrahlung brachte die ganze Narbenpartie zum Zerfall, so daß vor der Intensivtherapie solcher Hautpartien zu warnen ist. In einem Fall postoperativer Mammabestrahlung war eine auffallend gute Wundheilung zu beobachten, in einem anderen schnelles Abschwellen des betreffenden Armes. In 10 von diesen 16 Fällen war operiert wegen Mammakarzinom, in 3 Fällen wegen Rectum Ca. und in je einem Fall wegen malignen Tumors des Ligamentum nuchae, der Parotis und des Oberkiefers. Bei diesem hatte sich, wie bereits erwähnt, im Laufe der Zeit zwischen Nase, Auge und Wange ein Fistel gebildet, die den Patienten sehr belästigte, und erst mit Hilfe der 10 mm-Filtermethode geschlossen werden konnte. Der Übergang von der 8- zur 10 mm-Filtermethode ist überhaupt immer dann zu

empfehlen, wenn betreffendenfalls ein Erfolg ausbleibt und größere Strahlendosen zum Zwecke der Heilung erforderlich sind.

Wie lange die postoperative Behandlung vorgenommen werden soll, ist mit absoluter Gültigkeit nicht anzugeben. Als Minimum gelten im allgemeinen zwei Jahre, während sich das Maximum nach dem Fall richtet. Im ersten Jahr sind in der Regel 4—5 Turnus zu wählen, im zweiten Jahr mindestens 3. Die Vornahme weiterer Turnus ist von dem Ergebnis der Kontrollen abhängig zu machen, die in den ersten beiden Jahren 4- bis 8-wöchentlich und fernerhin vierteljährlich anzusetzen sind. Dauernd guter Lokalbefund in den ersten Jahren darf nicht zur Vernachlässigung der Kontrollen führen. Dies zeigt z. B. ein Fall von operiertem Rektumkarzinom, der sich nach kurzer intermittierender Behandlung der Kontrolle entzog, und der sich erst drei Jahre später mit Drüsenmetastasen im Abdomen vorstellte. Die sofort einsetzende Tiefenbestrahlung brachten diese schnell wieder zum Schwund.

Myombestrahlung.

Weiterhin ist die 8 mm-Aluminiumfilterung besonders für die Behandlung der Myome geeignet. Die Methode, die ich hierfür ausgebildet habe, empfehle ich, weil ich bisher mit ihr Versager nicht zu verzeichnen habe. Dabei erfüllt sie einwandfrei den obersten Grundsatz jedes röntgentherapeutischen Handelns, die Haut, soweit wie nur irgend möglich zu schonen. Wenn trotzdem mein Material nach dieser Richtung hin ein recht kleines ist, so liegt das daran, daß die Gynäkologen die Röntgentherapie des Myoms mehr und mehr in eigene Regie genommen haben. Im Gegensatz zur Vielfeldermethode, bei der Versager mitgeteilt sind, nehme ich vorn 1—2 Felder und hinten ausnahmslos sogar nur ein Feld in Deckungsbestrahlung. Hierdurch wird die gynäkologische Abdominaltherapie fundamental vereinfacht, und da die Ovarien bei den großen Feldern leichter getroffen werden, auch ungemein sicher. Damit nicht zu viel vom Abdomen mitbestrahlt wird, muß die Abdeckung nach oben und unten, dem einzelnen Fall genau angepaßt werden. Bei Methropathien und kleinen Myomen empfehle ich, vorn zwei Felder zu nehmen und mit Rundtubus von 8,5 cm Blendenöffnung an der Einschubplatte zu bestrahlen. Dieser pflegt zu den Lambertzstativen mitgeliefert zu werden. Je nach der Schwere des Falles sind vorn 4—5 Sitzungen zu verabfolgen und in jeder Sitzung $1^1/_2$ S.N. — links und rechts verteilt — bei einer Fokushautdistanz von 26 cm zu geben. Die Felddose beträgt dann schließlich links und rechts je 3—$3^3/_4$ S.N. Da hinten die Einstellung auf das Ovarium etwas schwieriger ist, empfehle ich, hier der Sicherheit halber stets Übersichtsfilter und eine Blendenöffnung von 12,5 cm zu nehmen. Zwecks Deckungsbestrahlung des einen Feldes ist der Röhrenschutzkasten mit seiner Filterebene etwas zur anderen Seite hin erhoben einzustellen. Hierbei sind 4 Sitzungen zu wählen, so daß schließlich als Felddose infolge der Deckungsbestrahlung beiderseits je etwa 5 S.N. herauskommt, eine Dose, die bei der starken Filterung ohne das geringste Bedenken jeder Patientin verabreicht werden kann.

Bei großen Myomen, wo das Bestrahlungsfeld oft bis zum Nabel und darüber reicht, ist vorn und hinten stets nur ein Feld in Deckungsbestrahlung zu nehmen, außerdem Übersichtsfilter und vorn wie hinten nur 4—5 Sitzungen.

Diese Methode ist zwar etwas summarisch, führt aber nach meiner Erfahrung in jedem Falle zum Ziele und geht relativ schnell. Der ganze Turnus dauert 16—18 Tage bei Bestrahlung einen um den andern Tag. In den meisten Fällen ist die Myombehandlung damit beendet. Empfindlichen Patienten verabfolgt man besser wöchentlich nur 2 Sitzungen, so daß dann 4—$4^1/_2$ Wochen für die Dauer eines Turnus herauskommen. In der Regel hören dann die Blutungen auf oder bestehen in idealen Fällen in subnormaler Weise. Setzt nach der Bestrahlung noch eine weitere menstruelle Blutung ein, ist diese aber zweifellos schon etwas geringer als früher, so braucht die Röntgentherapie nicht fortgesetzt zu werden. Erfahrungs-

gemäß versickert dann die Blutung auch ohne weitere Bestrahlung mehr und mehr. Meist hat man dann noch den Vorteil, daß die Ausfallerscheinungen auf ein außerordentlich geringes Maß beschränkt werden.

Sofern aber bei der dem ersten Turnus folgenden Periode kein exaktes Urteil über das Maß der Blutung im Sinne der Abnahme zu gewinnen ist, muß unbedingt ein zweiter Turnus in gleicher Stärke[1]), und zwar stets mit Gebrauch des Übersichtsfilters angeschlossen werden. Mehr habe ich bisher niemals nötig gehabt. In den seltenen Fällen, wo ein zweiter Turnus notwendig ist, kann dieser bei der 8 mm-Filterung unbedenklich am Ende der noch ungeschwächt aufgetretenen Blutung angeschlossen werden.

Nach dieser Methode wurden 5 Myom-Fälle und 2 Fälle von Methropathie hintereinander geheilt, ohne irgendwelche Hautreizungen zu zeigen. Der gleiche Erfolg wurde in 5 weiteren Fällen erzielt, die nach der ganzen Art der Bestrahlung ebenfalls hierher gehören. Kurz vor der Festlegung der 8 mm-Filterung wurden nämlich 3 Fälle von Myom mit 7 mm-Filter zur Heilung gebracht, während in 2 Fällen, die ein submuköses Myom mit außerordentlich starken Blutungen und eine Komplikation mit Morbus Basedow betrafen, der Vorsicht halber sogar 10 mm-Filter gebraucht wurden.

Andere bezüglich der Zerstörung des Ovarialgewebes ebenso sichere, aber viel länger dauernde und mit Hautatrophie einhergehende Fälle liegen längere Zeit vor der 8 mm-Filterung.

Nebenerscheinungen.

An Nebenerscheinungen waren bei der Vaginaltherapie einmal eine Konglutination hinter dem Introitus vaginae zu verzeichnen, die aber ganz leicht mit dem Finger gelöst werden konnte. Bei einer anderen Patientin, die der Röntgenabteilung mit der Diagnose Portiokarzinom überwiesen wurde, gingen die ziemlich starken Veränderungen nach fast 11 S.N. Volldosen so vollkommen zurück, daß hinterher seitens der klinischen Abteilung Zweifel an der Diagnose Karzinom geäußert würden. Dieser Zweifel konnte zwar durch das Ergebnis einer histologischen Untersuchung nicht belegt werden; besteht er aber zu Recht, so birgt er immerhin den Hinweis, daß auch bei chronisch entzündlichen Veränderungen z. B. starken, alten Exsudaten im Douglas die Röntgenstrahlen in stärkerer Dosis (d. h. ca. 10 S.-N.) angewendet werden können.

Bei den perkutanen Massendosen stehen neben einer besonders bei sensiblen Patienten auftretenden Mattigkeit am Ende der Bestrahlungen die Blutveränderungen im Vordergrund, die allerdings noch aus dem Anfangsstadium der neuen Methodik datieren, in dem die Sitzungsdosen noch kleiner bemessen wurden, und der einzelne Turnus sich daher länger hinzog. Quantitativ zeigen die lymphozytären Elemente eine stärkere Verminderung als die neutrophilen Blutbestandteile, während die Erythrozyten nicht irgendwie wesentlich in dieser Beziehung leiden. Dabei weisen die Erythrozyten stets nach Form, Größe und Färbbarkeit ein normales Verhalten auf und unter den Leukozyten sind pathologische Formen niemals anzutreffen. Andere Blutveränderungen traten auch bei einem $2^1/_2$ jährigen Kinde selbst nach monatelanger intensiver Röntgenbestrahlung wegen eines Sarkoms am Os sacrum nicht auf. Die Regeneration der neutrophilen Elemente erfolgt relativ schnell, besonders wenn gleichzeitig mit der Bestrahlung ein wirksames Arsenpräparat, z. B. Solarson oder Elarson verabreicht wird, während die Lymphozyten längere Zeit zur Erholung brauchen. Auf jeden Fall sollte die Blutkontrolle, sofern die Möglichkeit hierzu vorliegt, überall da vorgenommen werden, wo große Strahlendosen angewendet werden, besonders also bei der Bestrahlung maligner Tumoren, zu deren Beseitigung meist mehrere Turnus notwendig sind. Bei den Magenkarzinomen beherrscht das Bild der Nebenerscheinungen die Übelkeit, die sich bei sensiblen Patienten bis zum Erbrechen steigern kann. Zur Bekämpfung dieses die Behandlung oft außerordentlich störenden Symptoms haben sich Validol und metho-

---

[1]) oder geringer, je nach dem Fall.

dische Atemübungen bewährt, nach Loose auch der Zusatz einiger Tropfen erfrischender aromatischer Substanzen zum Wasser der Siedekühlröhre[1]).

In einem Fall postoperativer Bestrahlung bei Mammakarzinom fiel mir trotz der geübten starken Filterung ein Erythem auf. Die Form der Rötung war indessen außergewöhnlich, insofern als diese streifenförmig und nur da auftrat, wo Zinkpflasterstreifen, die zur Befestigung des Verbandes dienten, der Haut aufsaßen. Offenbar ist hierfür die Sekundärstrahlung verantwortlich zu machen. Unmittelbar der Haut aufsitzende Zinkpflasterstreifen sind daher vor der Bestrahlung zu entfernen. In einem Fall postoperativer Bestrahlung nach Exstirpation des Rektum trat nach etwa 4 Jahren eine auffallende Bindegewebsvermehrung im Bereiche des Anus praeternaturalis auf, so daß infolge Verengerung desselben bougiert werden muß. Der Reiz der bei der Röntgentiefentherapie wirksamen harten Strahlen auf das Bindegewebe war hier offenbar zu stark geworden. Eine Ausdehnung der intermittierenden Röntgenbehandlung über 2 Jahre soll daher nur dort eintreten, wo ein Rezidiv oder ein dringender Verdacht nach dieser Richtung zur Tiefentherapie zwingt.

Tiefendosen-Angaben.

Mitteilungen über die bei Röntgentiefenbestrahlungen verabreichten Dosen sind der leichteren Orientierung halber in Volldosen nach Sabouraud und Noiré und unbedingt im Verein mit der gewählten Filterdicke zu machen, nicht aber in X (Kienböck)-Einheiten, wenigstens nicht in X-Zahlen allein. In welchem Maße die Orientierung über die wirksame Oberflächen- bzw. Felddose bei der Tiefenbestrahlung durch die Dosierung nach Kienböck allein erschwert wird, ergibt folgende Überlegung. Die S.N.-Volldose stellt einen Einheitswert dar, ist aber schon ohne Filterbestrahlung (d. h. bei der Oberflächentherapie) einem Vielheitswert an X-Einheiten äquivalent. Dieses Verhältnis tritt bei der Tiefentherapie d. h. bei der Einschaltung von Filtern deutlicher in die Erscheinung und steigert sich progredient mit der Wahl dickerer Filterschichten. Bei Vermehrung der verabreichten Volldosen erfährt dieses Verhältnis wieder einen Zuwachs und zwar schon für ein Oberflächenfeld. Kommt dann bei der meistgeübten Vielfelderbestrahlung die Summation dieser Komponenten hinzu, so ergibt die schließliche Summationsdose in X-Einheiten oft eine so hohe Zahl, daß Ärzten, die den Dosierungsfragen ferner stehen, eine den Tatsachen entsprechende Würdigung der wirksamen Oberflächen- bzw. Felddose außerordentlich schwer gemacht wird. Diese Eigenheit des Kienböckschen Quantimeters ist es auch, die einzelne Röntgenfirmen dazu verleitet hat, einander in der Erreichung möglichst hoher X-Einheiten zu überbieten, ein Vorgehen, daß sicher nicht zur Vereinfachung der Tiefendosierungsfrage beigetragen hat. Je einfacher indessen bei der Tiefendosierung die Angaben eines Dosimeters lauten, desto besser; und wenn ein solches Dosimeter für jede Filterdicke, gleichgültig wie dick, verwendbar ist, so ist dieses eben das brauchbarste. Schon längst weiß der Eingeweihte, daß es bei den Tiefendosen auf ein Paar X mehr oder weniger nicht ankommt, vorausgesetzt daß die Technik der Tiefenbestrahlung unbedingt beherrscht wird. Demnach dürfte das Dosimeter von Sabouraud und Noiré das für die Tiefentherapiepraxis brauchbarste sein. Wenn dann noch zur weiteren Charakterisierung der Strahlendose die der S.N.-Dose entsprechenden Kienböckwerte[2]) angegeben werden, so wird das zur Klärung der angezogenen Frage nur beitragen. Da meines Wissens schon heute die Dosierung nach S.N. einschließlich ihrer Abarten die in der Praxis gebräuchlichste ist, so wäre es endlich an der Zeit, daß auch die Gynäkologen diese Dosierung annehmen.

Ganz anders liegen die Dinge bei der Oberflächentherapie, wo das Kienböcksche Quantimeter wenigstens bis etwa zur Dosis 5 x vorzügliche Dienste leistet.

---

[1]) Noch einfacher sind 8—10 Tropfen auf weiches Papier zu geben und in die Nähe des Atmungsstromes zu legen.

[2]) oder Werte, die mit dem Christenschen Integraliontometer bzw. mit dem Intensimeter von Fürstenau gewonnen sind.

Schließlich möchte ich noch kurz die Frage streifen, ob bei der Röntgentiefentherapie der malignen Tumoren Schwer- oder Leichtfilter anzuwenden sind. Nach meinen Erfahrungen haben sich z. B. für $^1/_2$ mm Blei und 1 mm Messing zur Erreichung der Volldose derartige Zeiten ergeben, daß von einer allgemeinen Einführung der Schwerfilter in die Röntgentherapie speziell in der Privatpraxis vorläufig keine Rede sein kann, wenigstens nicht an den vorhandenen Universalinstrumentarien. Eine Ausnahme macht das $^1/_2$ mm-Zinkfilter, das bei kleineren Fokus-Hautdistanzen z. B. 22 cm für die S.N.-Dose einigermaßen annehmbare Zeiten ergibt. Bemerkenswert ist, daß bei diesem Filter die Maximal- bzw. Erythemdose bereits nach 3 Volldosen nach S.N. erreicht ist. Ich habe das $^1/_2$ mm-Zinkfilter bisher erst in einigen Fällen gebraucht. Anscheinend leistet es in der Praxis ungefähr dasselbe wie das 10 mm-Aluminiumfilter, wenigstens bei den Karzinomen. Überflüssig ist es aber sicherlich bei der Myomtherapie, da die Leichtfilter hierbei bezüglich des Heileffektes vollkommen genügen und Zeit sparen.

Beiträge zur Methodik der Röntgenographie.

Von

A. Hasselwander.

III. Die röntgenographische und röntgenoskopische Anwendung der Rasterstereoskopie.

Die Bestrebungen, die Objektähnlichkeit des Röntgenogrammes zu steigern, sind durch die Anwendung der Stereophotogrammetrie auf das Röntgenbild heute zu einem gewissen Abschluß gebracht. Daß auch für das Bild auf dem fluoreszierenden Leuchtschirm der Wunsch nach Erreichung desselben Zieles besteht, möchte eigentlich als selbstverständlich erscheinen; denn es ist doch klar, daß auch das röntgenoskopische Bild, auf dem Prinzip der Zentralprojektion beruhend, unter denselben Verzerrungen leidet und das Objekt nur in ganz unvollkommener Weise wiedergibt. Daß sich aber dieser Mangel nicht so aufdringlich bemerkbar macht, beruht darin, daß doch die Stärke des Durchleuchtungsverfahrens gerade in der Bewegung liegt, die, sei es als aktive oder passive Bewegungen des Untersuchungsobjektes, Drehungen des untersuchten Körperteiles, sei es als Verschiebungen der Röhre, eine Menge von Schlußfolgerungen gestattet, die das starre Photogramm nicht zu bieten vermag, und schon dadurch, eigentlich unbewußt für den Beobachter, den Eindruck einer gewissen Plastik erweckt. Aber diese Plastik ist nur eine scheinbare, worüber sich jeder sofort klar wird, der eine Orientierung über Tiefenverhältnisse braucht.

Eine Methode, welche auch der Radioskopie die natürliche Plastik und Körperhaftigkeit zu verleihen vermöchte, würde erst die mit der Durchleuchtung angestellten Beobachtungen zu unmittelbaren gestalten und einen vollen Einblick in das Untersuchungsobjekt erlauben, um so mehr, als gerade hier durch die Bewegungen desselben zu dem Grundfaktor des räumlichen Sehens, nämlich der Verschiedenheit der beiden Netzhautbilder noch einer der vielen akzidentellen Faktoren sich gesellte, der Art, wie durch die Größenschätzung bekannter Objekte, Luftperspektive u. a. die räumliche Vorstellung von der uns umgebenden körperhaften Welt gefördert wird. Käme dazu allenfalls noch die Möglichkeit der Anwendung stereophotogrammetrischer Kontroll- und Meßmittel, so könnte daraus eine souveräne röntgenoskopische Untersuchungsmethode gestaltet werden, die die mehr oder minder komplizierten und dabei doch nicht voll befriedigenden Hilfsmittel zu ersetzen vermöchte.

Das waren etwa die Überlegungen, welche den Verfasser dieser Zeilen drängten, Versuche neuerdings wieder aufzunehmen, welche er schon im Jahre 1912 mit vielen Mißerfolgen be-

trieben und schließlich aufgegeben hatte; das Ziel: körperhafte Durchleuchtung war zu verlockend [1]).

Von den Methoden zur Erzeugung stereoskopischer Bilder schien ein Verfahren besonders vielversprechend, das allerdings bisher nur als wissenschaftliche Spielerei betrachtet wurde, die Rasterstereoskopie. Durch seinen wissenschaftlichen Freund Herrn Dr. Ludw. Günther war Verf. im Jahre 1912 auf die Möglichkeit aufmerksam gemacht worden, durch ein sowohl bei der Aufnahme als auch bei der Betrachtung vor die photographische Platte geschaltetes System paralleler Linien unter gewissen, nachher genauer zu erörternden Bedingungen auf einer einzigen Platte Bilder von vollem stereoskopischen Eindruck und Wert zu erzeugen. Sogleich waren damals die Versuche aufgenommen worden, dieses Prinzip auch auf das Gebiet der Röntgenstrahlen zu übertragen. Es wurden Drahtgitter, parallel gespannte Drähte, parallel nebeneinander geklebte lange Nadeln, in Zelluloid eingeritzte und mit Kontrastmasse angefüllte Rinnensysteme angewendet, stets aber war der Effekt so unbefriedigend, daß Verf. schließlich im Sommer 1913 wieder Abstand von weiteren Versuchen nahm. Erst im Jahre 1915, als sich anläßlich einer sehr intensiven praktisch röntgenologischen Tätigkeit in einem Lazarett das Bedürfnis nach einer Körperhaftigkeit auch für das Durchleuchtungsbild besonders eindringlich bemerkbar machte, und ihm zudem durch die vorangegangenen Arbeiten über den Stereoskiagraphen ein streng methodisches Vorgehen auf diesem Gebiet mehr geläufig geworden war, wurden die Versuche nun neuerdings, peinlich exakt und mit besserem Erfolge wieder aufgenommen.

Ehe wir nun zur Darstellung des heutigen Ausbaues der Methode übergehen, wollen wir uns zuerst über das Prinzip des ganzen Geschehens volle Klarheit verschaffen.

Die stereoskopischen Rasterbilder der Art, wie sie bisher auf photographischem Gebiet gewonnen werden konnten, beruhen auf folgendem Prinzip: Wenn wir vor einer photographischen Platte eine an sich durchsichtige, aber mit einem System paralleler gleich breiter und in ebenso großen Abständen voneinander stehender undurchsichtiger Linien bedeckte Platte anbringen und die photographische Platte dann von zwei im Augenabstand voneinander stehenden Objektiven aus belichten, so entsteht zunächst auf dieser Platte ein wirres Streifenbild; dieses zunächst vollkommen unverständliche Bild ist aber unter Einhaltung gewisser Regeln zu einem vollkommen körperhaften Eindruck zu gestalten. Diese bestehen darin, daß der Abstand dieser Linien, sowohl voneinander als von der Platte gerade so groß bemessen sein muß, daß die von der einen Seite her zwischen den Linien hindurch auf die photographische Schicht fallenden Lichtstrahlen immer gerade auf eine Stelle treffen, die für die vom anderen Objektiv kommenden Strahlen im Schatten einer solchen Linie liegt. Dafür fallen aber dann die Lichtstreifen von dieser letzteren Seite wieder auf Schattenstreifen, die von der ersteren aus erzeugt sind und es entsteht so ein Streifenbild, das sich aus lauter Bildern zusammensetzt, die abwechselnd vom rechten und linken Objektiv aus entstanden sind. Wir machen von dieser Platte sodann ein Diapositiv und bringen davor wieder im selben Abstand wie bei der Aufnahme jenes Liniensystem, den Raster an. Dann wiederholt sich beim Gang der Lichtstrahlen von der Platte zu den beiden Augen derselbe Vorgang in umgekehrter Reihenfolge. Für das rechte und linke Auge werden durch die Linien jeweils die Hälfte der Bildstreifen abgedeckt, die beiden Augen sehen verschiedene Bilder, geradeso wie bei der Betrachtung eines körperhaften Objektes und der Effekt ist ein räumliches, stereoskopisches Bild.

Dieses Prinzip können wir nun vollständig auch auf das Gebiet der Röntgenstrahlen übertragen, wenn wir da, wo Röntgenstrahlen nur in streifenförmigen Gebieten durchgelassen werden dürfen, ein weicheres Material wie Holz, Papiermaché, Zelluloid oder dgl. verwenden, in welches dann die für Röntgenstrahlen undurchlässigen Rasterstreifen eingelassen sind, die

[1]) Stereoskopische Durchleuchtung ist schon früher in sehr sinnreicher Weise von Boas durchgeführt worden, und es ist nur zu bedauern, daß die offenbar etwas komplizierte Versuchsanordnung anscheinend der allgemeinen Einführung hindernd im Wege war.

aus einem Kontrastmittel, am besten einem Metall von hohem spezifischen Gewicht bestehen. Sei es nun, daß wir so ein Röntgenogramm und davon ein Diapositiv gewinnen, sei es auch, daß wir auf dem Fluoreszenzschirm ein solches Bild erzeugen wollen, in beiden Fällen muß für seine Betrachtung ein in der Form jenem kongruentes Liniensystem bereit sein, das dann aber die Eigenschaft haben muß, nicht für Röntgenstrahlen, sondern für Lichtstrahlen undurchsichtige Linien auf einem durchsichtigen Grunde zu besitzen. Wir wollen das erstere den Röntgenstrahlenraster, das andere den Lichtstrahlenraster nennen. Wenn der letztere zugleich die Eigenschaft hat, gegen Röntgenstrahlen zu schützen, also etwa aus Bleiglas besteht, so werden wir damit zugleich der Forderung gerecht, den Beobachter vor den schädlichen Einwirkungen der Röntgenstrahlen zu bewahren. Nichts ist aber leichter, als einen dem Röntgenstrahlenraster kongruenten Lichtstrahlenraster zu gewinnen; er braucht ja nur ein Röntgendiapositiv des ersteren zu sein.

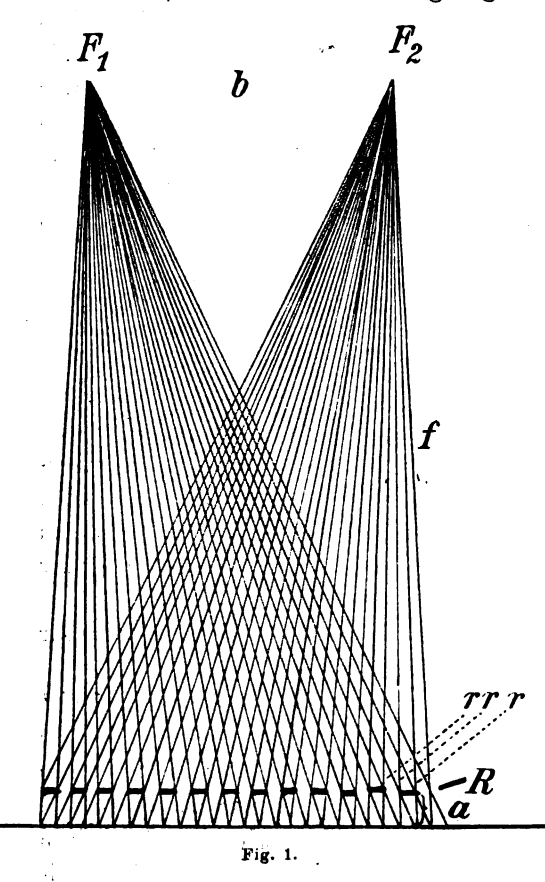


Fig. 1.

Dann wird bei der Bestrahlung auf der lichtempfindlichen Schicht (Platte oder Fluoreszenzschirm) ein zunächst wirr erscheinendes Doppelbild erzeugt, auf dem die beiden Teilbilder in parallelen Streifen nebeneinander liegen (siehe Fig. 5). Durch die Vorschaltung des Lichtstrahlenrasters auf der Seite des Betrachters werden gegen den Betrachter zu nur jene Strahlen durchgelassen, welche jeweils von dem rechten und linken Teilbild ausgehen, so daß jedes dieser beiden Augen nur ein, und zwar von dem anderen verschiedenes Bild sehen kann (siehe Fig. 8 und 9). Und da diese beiden Bilder geradeso verschieden sind, wie sich ein Körper für die beiden Augen darstellt, so ist das Resultat ein wahres stereoskopisches und daher körperhaftes Bild.

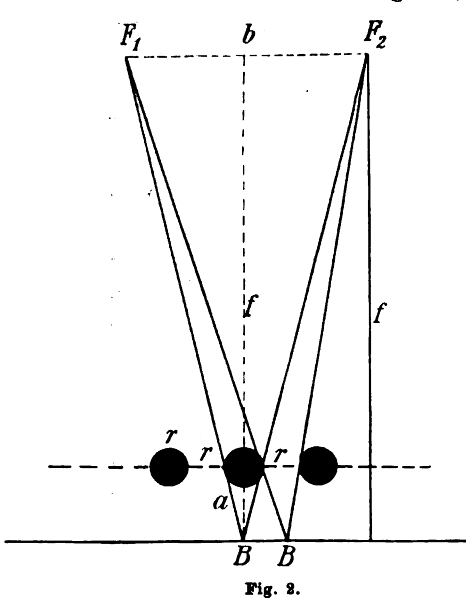


Fig. 2.

Versuchen wir uns nun eine Vorstellung von dem Gang der Strahlen bei diesem ganzen Geschehen zu machen, so brauchen wir nur eine Grundrißzeichnung desselben zu betrachten (Fig. 1). Wir sehen da in F_1 und F_2 die zwei Fokuse einer sogenannten Stereoröhre, von denen gegen den Leuchtschirm hin die Röntgenstrahlen ausgesandt werden. Ehe sie diesen aber treffen, müssen sie den Röntgenstrahlenraster passieren, der bei R dargestellt ist. Wir sehen da in gleichen Abständen $= r$ voneinander die Querschnitte der undurchlässigen Metallstreifchen r, die unter sich alle gleich breit, aber auch gleich breit wie die gleichfalls mit r bezeichneten trennenden Zwischenräume sind. Der Abstand der beiden Fokuse voneinander ist die sogenannte Basis b, ihr Abstand die Bildweite resp. die Fokusdistanz f. Kann nun der Abstand des Rasters, von der lichtempfindlichen Schicht, die Größe a beliebig gewählt werden? Dies ist keinesfalls möglich. Denn, wenn wir aus dem ganzen Röntgenstrahlenbündel uns vier Strahlen herausgreifen (Fig. 2), von denen das eine

Paar vom Fokus 1 ausgesandt durch einen solchen Rasterstreifen gerade noch von der Belichtung der Fluoreszenzschichte abgehalten werden soll, während die anderen beiden, von dem Fokus 2 herkommend, eben noch zwischen diesem Rasterstreifen und seinem Nachbarn hindurchgelassen werden, so zeigt sich, daß sich die beiden Strahlenpaare in einem ganz bestimmten Abstande a schneiden. Dies gilt nicht nur für diese beiden Strahlenpaare, sondern für sämtliche Strahlen; sie alle schneiden sich in einer der Rasterebene parallelen und in dem Abstande a von ihr stehenden Ebene, und nur dann, wenn die Fluoreszenzschicht in dieser Ebene liegt, fallen die Lichtstreifen von der einen Seite immer mit den Schattenstreifen von der anderen Seite zusammen. Nur dann ist es unmöglich, daß die von beiden Fokusen her belichteten Streifen ineinander übergreifen. Nur dann liegen die beiden Teilbilder streng getrennt nebeneinander und können durch den auf der anderen Seite vorzuschaltenden Lichtstrahlenraster wieder für die beiden Augen zerlegt werden.

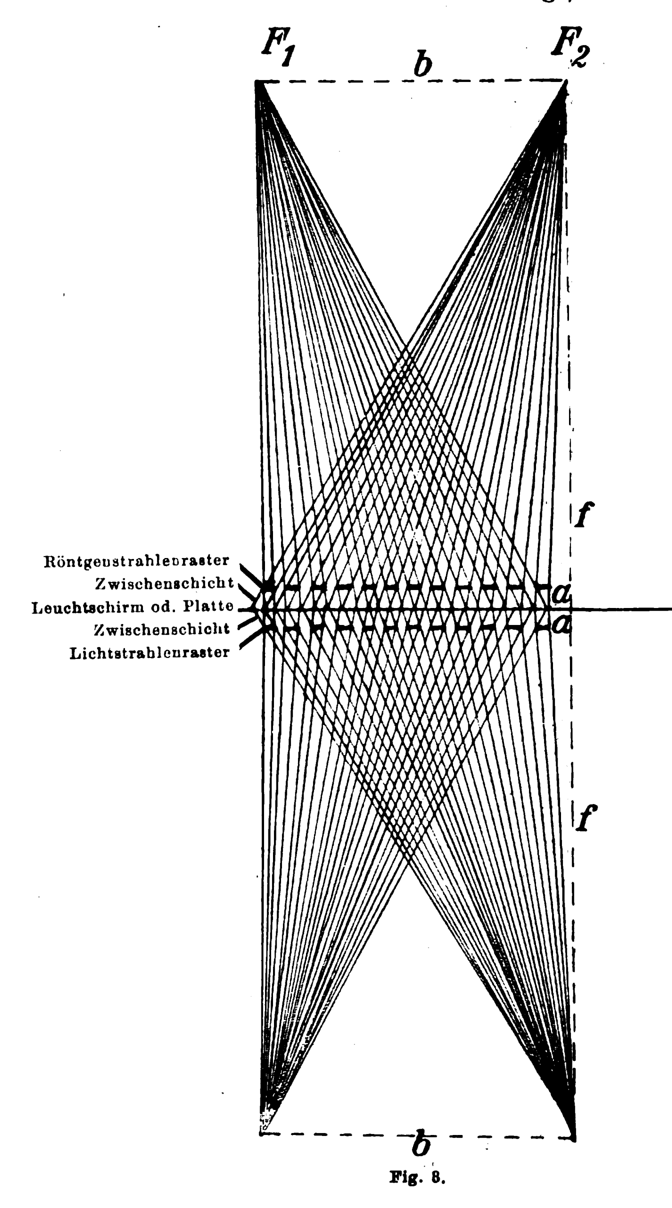


Fig. 8.

Wir sehen auf dieser Figur, daß die beiden sich in B schneidenden Röntgenstrahlenpaare mit der Basis b und der Rasterbreite r ähnliche Dreiecke bilden, in denen sich die Grundlinien r und b verhalten wie die Höhen a und f, daß sich also der Abstand des Rasters (a) zur Fokusdistanz (f) verhalten muß wie die Breite der Rasterstreifen (r) zur Basis (b). Aus dieser Formel

$$\frac{a}{r} = \frac{f}{b}$$

läßt sich demnach leicht berechnen, um wieviel eine dieser vier Größen geändert werden muß, wenn eine der übrigen eine Änderung erfährt, und wir werden darauf unsere Reguliervorrichtungen aufbauen, wenn wir diesen theoretisch durchdachten Vorgang zu einer praktisch verwertbaren Einrichtung verwenden wollen.

Gehen wir aber zunächst in der Überlegung des Strahlenganges weiter. Es genügt ja nicht, wie wir schon wissen, durch die Vorschaltung eines Röntgenstrahlenrasters die von den beiden Fokusen aus erzeugten Bilder voneinander getrennt auf der lichtempfindlichen Schicht zu erzeugen; dieses streifenförmige Mosaikbild muß für die beiden Augen wieder zu dem körperhaften Eindruck vereinigt werden. Wie immer bei der Durchleuchtung steht auf der einen Seite des Schirmes die Röntgenröhre und das Untersuchungsobjekt, auf der anderen Seite, da, wo der Schirm sein Fluoreszenzbild aussendet, der Beobachter. Auf dieser Seite muß also der Lichtstrahlenraster angebracht werden; seine Streifen müssen der Streifenrichtung des Leuchtschirmbildes vollkommen parallel verlaufen, sein Liniensystem muß jeweils für das eine Auge vollkommen diejenige Hälfte des erzeugten Bildstreifensystemes verdecken, welche dem anderen Auge durch die Zwischenräume hindurch sichtbar sein soll und umgekehrt. Hier

aus einem Kontrastmittel, am besten einem Metall von hohem spezifischen Gewicht bestehen. Sei es nun, daß wir so ein Röntgenogramm und davon ein Diapositiv gewinnen, sei es auch, daß wir auf dem Fluoreszenzschirm ein solches Bild erzeugen wollen, in beiden Fällen muß für seine Betrachtung ein in der Form jenem kongruentes Liniensystem bereit sein, das dann aber die Eigenschaft haben muß, nicht für Röntgenstrahlen, sondern für Lichtstrahlen undurchsichtige Linien auf einem durchsichtigen Grunde zu besitzen. Wir wollen das erstere den Röntgenstrahlenraster, das andere den Lichtstrahlenraster nennen. Wenn der letztere zugleich die Eigenschaft hat, gegen Röntgenstrahlen zu schützen, also etwa aus Bleiglas besteht, so werden wir damit zugleich der Forderung gerecht, den Beobachter vor den schädlichen Einwirkungen der Röntgenstrahlen zu bewahren. Nichts ist aber leichter, als einen dem Röntgenstrahlenraster kongruenten Lichtstrahlenraster zu gewinnen; er braucht ja nur ein Röntgendiapositiv des ersteren zu sein.

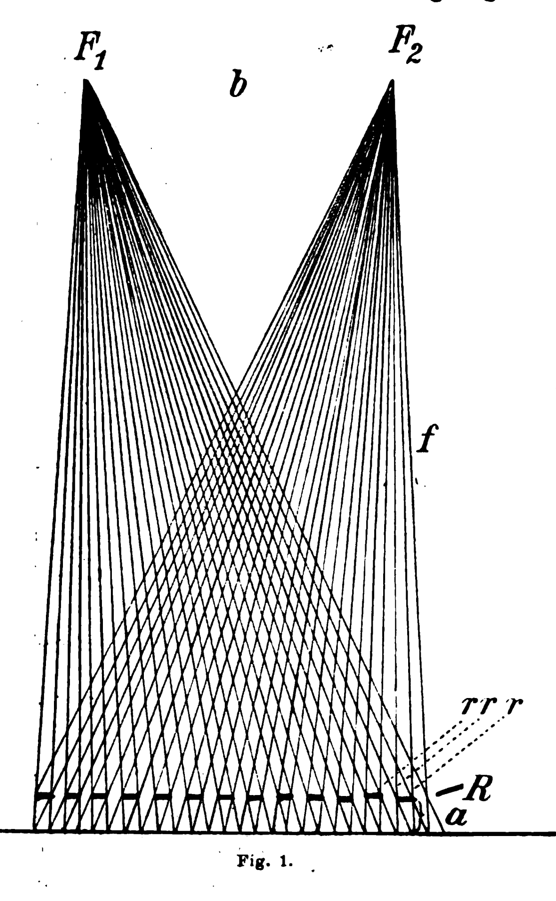


Fig. 1.

Dann wird bei der Bestrahlung auf der lichtempfindlichen Schicht (Platte oder Fluoreszenzschirm) ein zunächst wirr erscheinendes Doppelbild erzeugt, auf dem die beiden Teilbilder in parallelen Streifen nebeneinander liegen (siehe Fig. 5). Durch die Vorschaltung des Lichtstrahlenrasters auf der Seite des Betrachters werden gegen den Betrachter zu nur jene Strahlen durchgelassen, welche jeweils von dem rechten und linken Teilbild ausgehen, so daß jedes dieser beiden Augen nur ein, und zwar von dem anderen verschiedenes Bild sehen kann (siehe Fig. 8 und 9). Und da diese beiden Bilder geradeso verschieden sind, wie sich ein Körper für die beiden Augen darstellt, so ist das Resultat ein wahres stereoskopisches und daher körperhaftes Bild.

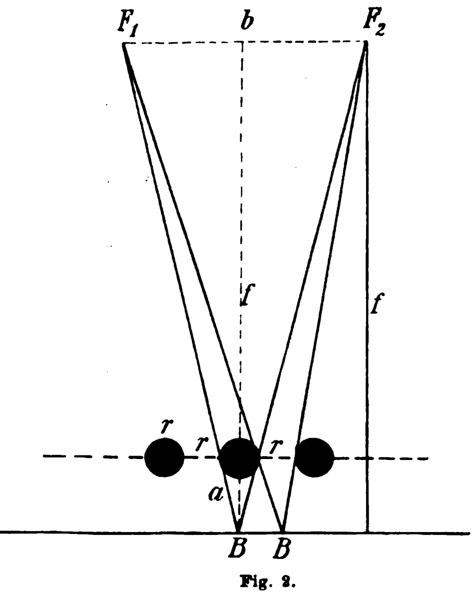


Fig. 2.

Versuchen wir uns nun eine Vorstellung von dem Gang der Strahlen bei diesem ganzen Geschehen zu machen, so brauchen wir nur eine Grundrißzeichnung desselben zu betrachten (Fig. 1). Wir sehen da in F_1 und F_2 die zwei Fokuse einer sogenannten Stereoröhre, von denen gegen den Leuchtschirm hin die Röntgenstrahlen ausgesandt werden. Ehe sie diesen aber treffen, müssen sie den Röntgenstrahlenraster passieren, der bei R dargestellt ist. Wir sehen da in gleichen Abständen $= r$ voneinander die Querschnitte der undurchlässigen Metallstreifchen r, die unter sich alle gleich breit, aber auch gleich breit wie die gleichfalls mit r bezeichneten trennenden Zwischenräume sind. Der Abstand der beiden Fokuse voneinander ist die sogenannte Basis b, ihr Abstand die Bildweite resp. die Fokusdistanz f. Kann nun der Abstand des Rasters, von der lichtempfindlichen Schicht, die Größe a beliebig gewählt werden? Dies ist keinesfalls möglich. Denn, wenn wir aus dem ganzen Röntgenstrahlenbündel uns vier Strahlen herausgreifen (Fig. 2), von denen das eine

Paar vom Fokus 1 ausgesandt durch einen solchen Rasterstreifen gerade noch von der Belichtung der Fluoreszenzschichte abgehalten werden soll, während die anderen beiden, von dem Fokus 2 herkommend, eben noch zwischen diesem Rasterstreifen und seinem Nachbarn hindurchgelassen werden, so zeigt sich, daß sich die beiden Strahlenpaare in einem ganz bestimmten Abstande a schneiden. Dies gilt nicht nur für diese beiden Strahlenpaare, sondern für sämtliche Strahlen; sie alle schneiden sich in einer der Rasterebene parallelen und in dem Abstande a von ihr stehenden Ebene, und nur dann, wenn die Fluoreszenzschicht in dieser Ebene liegt, fallen die Lichtstreifen von der einen Seite immer mit den Schattenstreifen von der anderen Seite zusammen. Nur dann ist es unmöglich, daß die von beiden Fokusen her belichteten Streifen ineinander übergreifen. Nur dann liegen die beiden Teilbilder streng getrennt nebeneinander und können durch den auf der anderen Seite vorzuschaltenden Lichtstrahlenraster wieder für die beiden Augen zerlegt werden.

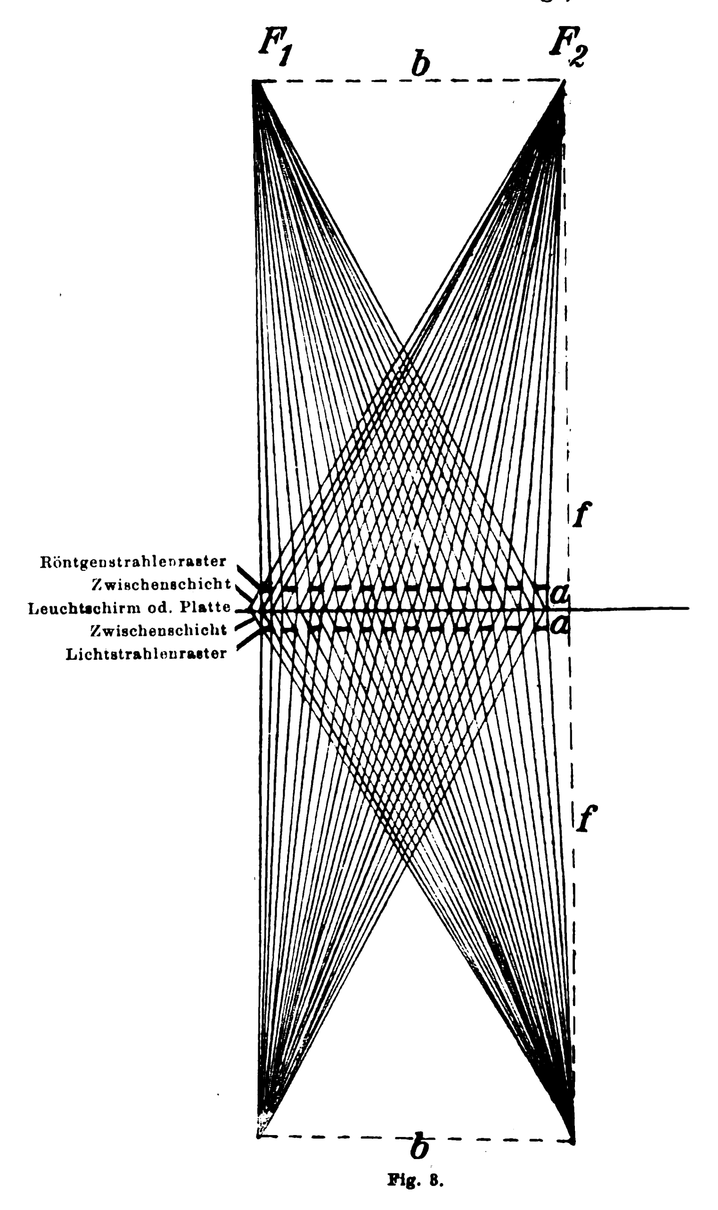


Fig. 8.

Wir sehen auf dieser Figur, daß die beiden sich in B schneidenden Röntgenstrahlenpaare mit der Basis b und der Rasterbreite r ähnliche Dreiecke bilden, in denen sich die Grundlinien r und b verhalten wie die Höhen a und f, daß sich also der Abstand des Rasters (a) zur Fokusdistanz (f) verhalten muß wie die Breite der Rasterstreifen (r) zur Basis (b). Aus dieser Formel

$$\frac{a}{r} = \frac{f}{b}$$

läßt sich demnach leicht berechnen, um wieviel eine dieser vier Größen geändert werden muß, wenn eine der übrigen eine Änderung erfährt, und wir werden darauf unsere Reguliervorrichtungen aufbauen, wenn wir diesen theoretisch durchdachten Vorgang zu einer praktisch verwertbaren Einrichtung verwenden wollen.

Gehen wir aber zunächst in der Überlegung des Strahlenganges weiter. Es genügt ja nicht, wie wir schon wissen, durch die Vorschaltung eines Röntgenstrahlenrasters die von den beiden Fokusen aus erzeugten Bilder voneinander getrennt auf der lichtempfindlichen Schicht zu erzeugen; dieses streifenförmige Mosaikbild muß für die beiden Augen wieder zu dem körperhaften Eindruck vereinigt werden. Wie immer bei der Durchleuchtung steht auf der einen Seite des Schirmes die Röntgenröhre und das Untersuchungsobjekt, auf der anderen Seite, da, wo der Schirm sein Fluoreszenzbild aussendet, der Beobachter. Auf dieser Seite muß also der Lichtstrahlenraster angebracht werden; seine Streifen müssen der Streifenrichtung des Leuchtschirmbildes vollkommen parallel verlaufen, sein Liniensystem muß jeweils für das eine Auge vollkommen diejenige Hälfte des erzeugten Bildstreifensystemes verdecken, welche dem anderen Auge durch die Zwischenräume hindurch sichtbar sein soll und umgekehrt. Hier

gelten also dieselben Prinzipien wie jenseits der Leuchtschirmfläche, wenn auch hier der Weg der Strahlen nicht von einem Fokus durch den Raster zur lichtempfindlichen Schicht, sondern umgekehrt von dieser durch den Raster zum Knotenpunkt des Auges geht.

Es läge also nahe, zu sagen: Dann bringen wir auf der Seite des Leuchtschirmes, wo der Beobachter steht, den Lichtstrahlenraster einfach in genau derselben Anordnung an und der beabsichtigte Effekt wird erreicht. Dies wäre allerdings eine vollkommene Anordnung, die wir uns auf dem Grundriß (Fig. 3) so veranschaulichen könnten, daß wir einfach die Figur 1 doppelt und zwar in symmetrischer Anordnung zum Schirm zeichnen. Aber darin liegt gerade die Schwierigkeit für die praktische Anwendung des Prinzips, daß kaum möglich ist, jene volle Gleichheit der vier Größen b, f, r und a auf beiden Seiten des Schirmes herzustellen.

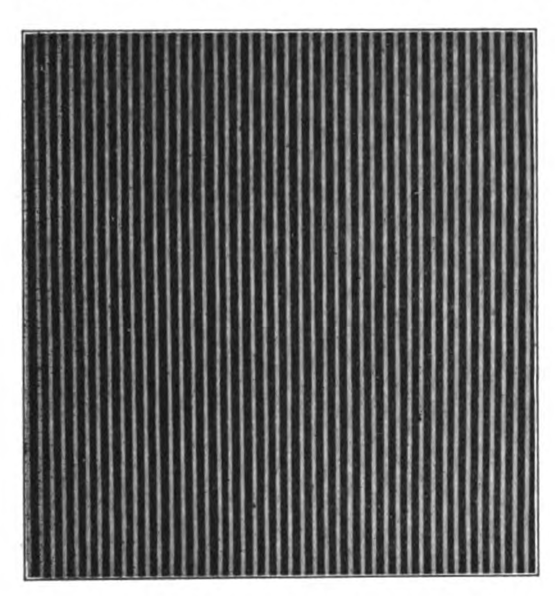


Fig. 4.
Bild eines groben Rasters, von einem Fokus aus gewonnen.

Die Breite der Rasterstreifen und Zwischenräume r ist die einzige Größe, welche mit voller Sicherheit auf beiden Seiten des Schirmes gleich gestaltet werden kann. Es ist ja schon auseinandergesetzt worden, daß dies auf photographischem Wege möglich ist und zwar durch Anfertigung eines Diapositives von dem Röntgenbild des Röntgenstrahlenrasters.

Anders ist es schon mit der Größe a dem Abstand einer Rasterplatte von der lichtempfindlichen Schicht. Um ihn vollkommen dem jeweiligen Resultat der Formel entsprechend, also den übrigen Größen proportional zu gestalten, müßte es möglich sein, auf kleine Bruchteile von Millimetern die Breite einer etwa als Füllschicht zwischen Schirm und Raster geklemmten Glasplatte zu gestalten und auch dann wären wir uns des Resultates noch nicht vollkommen sicher, da ja doch Leuchtschirme stets auf Papier, Karton oder dergleichen angebracht, kompressibel und daher in ihrer Dicke schwer genau zu bestimmen sind. Auf eine vollkommene Regulierung der Abstandsdifferenzen durch die Größe a dürfen wir also nicht rechnen, wenn wir auch später sehen werden, daß ein gewisser gröberer Ausgleich mit ihr zu ermöglichen ist.

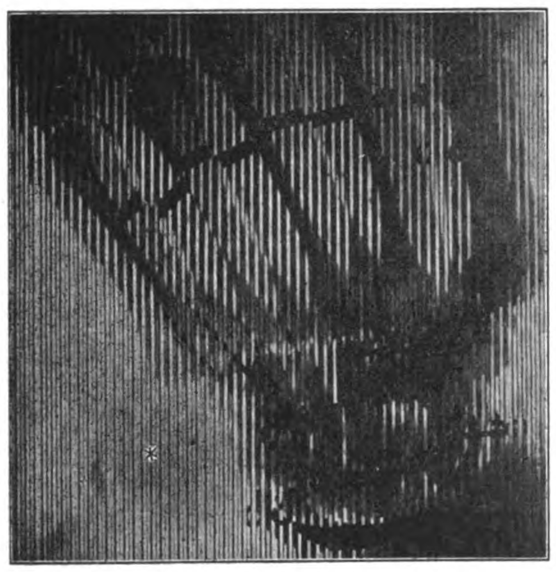


Fig. 5.
Eine Skeletthand durch den Röntgenstrahlenraster hindurch mit der Stereoröhre aufgenommen. Nebeneinander liegende Bildstreifen des rechten und linken Bildes. Bei idealer Einstellung (die bei den primitiven Hilfsmitteln dieses Versuches noch nicht erreicht wurde), muß sich die Rasterfläche selbst gleichmäßig grau darstellen.

Ebenso müßte zur Erreichung dieses Ideals sich jeder Beobachter seine eigene Stereoröhre auswählen, die im gegenseitigen Abstand ihrer beiden Fokuse genau seiner Pupillendistanz entspricht, geradeso, wie sich einer vielleicht ein passendes Brillengestell heraussucht. Aber selbst damit wäre noch keine Garantie geboten, daß sich die Basis auf der Augen- und Röhren-

seite gleich verhielte; denn die Lage eines Röhrenfokus ist kaum je mit einer auf Millimeter gehenden Genauigkeit bei der Konstruktion voraus bestimmbar. Jedenfalls eines ist sicher, als eine variable Größe dürfen wir die „Basis" nicht in die Überlegungen einführen, wenn wir ohne allzu komplizierte Hilfsvorrichtungen auskommen wollen. Sie ist uns gegeben in dem Abstand der beiden Fokuse voneinander auf der einen, und in unserer eigenen Pupillendistanz auf der anderen Seite des Leuchtschirmes. Wir müssen also mit ihr rechnen und uns umsehen, ob wir eine der anderen Größen nach Maßgabe der Formel ihr anpassen können.

Überblicken wir, ehe wir weitergehen noch einmal, inwieweit wir eine der aufgeführten drei Größen dann einer solchen Änderung mit hinreichender Genauigkeit anpassen können. Die Breite der Rasterstäbe und Zwischenräume, also r, kann freilich bei der Konstruktion der ganzen Vorrichtung den zu erwartenden Maßen einigermaßen Rechnung tragen, ebenso deren Abstand a, aber einer freien und dabei exakten Variabilität werden diese beiden Faktoren nie fähig sein, noch weniger die Größe b, die Basis. Es bleibt also nur f, der Fokus- und Augenabstand vom Leuchtschirm, durch dessen Größenänderung wir uns den obwaltenden Bedingungen anpassen müssen. Glücklicherweise ist dies bei der Größe f in freiestem Ausmaß möglich; denn wir brauchen ja nur mit dem Schirm näher an die Röhre heranzugehen oder von ihr wegzurücken, also „einzustellen", bis das Streifenbild des Röntgenstrahlenrasters zu einer gleichmäßigen grauen Fläche wird, um den Abstand des Schirmes von der Röhre zu erhalten, bei dem von einem Fokus aus die Rasterschatten genau in die vom anderen Fokus her erhellten Rasterlücken hineinfallen.

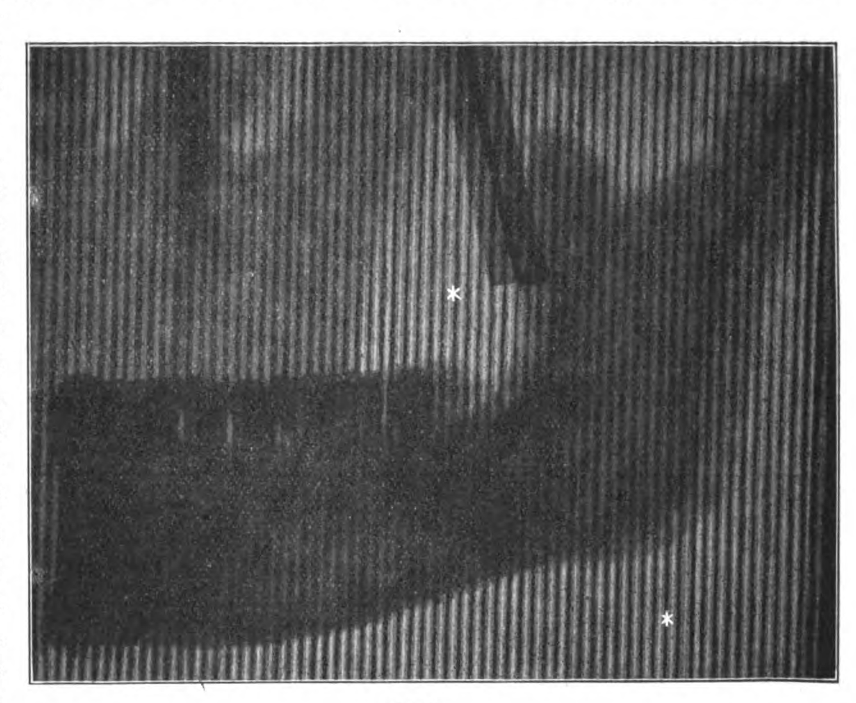


Fig. 6.
Falsch eingestelltes Rasterbild. Die Stereoröhre stand zu nahe am Raster, daher greifen die Schatten der Rasterstäbe teilweise übereinander, ebenso die Intervalle. Siehe die mit * bezeichneten Stellen.

Wie das Bild dieses Rasters bei der Belichtung von einem Fokus aus sich darstellt zeigt Fig. 4, Fig. 5 wie es bei annähernd richtigem Abstand einer belichtenden Stereoröhre aussieht, dagegen Fig. 6 wie es bei falschem Abstand derselben erscheint. Dieses letztere Bild zeigt, daß hier die belichteten Intervalle ineinander übergreifen und man kann leicht daraus entnehmen, daß dann natürlich auch die Schattenbilder eines durchleuchteten Objektes in diesen Zwischenräumen übereinanderliegen und daß es auch durch Vorschaltung des Lichtstrahlenrasters dann nicht mehr gelingen würde, diese von zwei Fokusen aus erzeugten Schatten für die beiden Augen zu zerlegen. Deshalb also muß die Einstellung des Schirmes in den richtigen Abstand vorgenommen werden.

Aber auch für f ist der Spielraum keineswegs unbegrenzt; denn einerseits muß die Untersuchungsperson zwischen Röhre und Schirm Platz haben, andererseits soll dieser Fokusabstand f ja, wie wir oben (S. 584) gehört haben, dem Abstand des Betrachters auf der anderen Seite des Schirmes gleichen, wenn wir einen Stereoskopeindruck erzielen wollen. Da aber der Raum

für die Untersuchungsperson, also der Röhrenabstand, kaum unter 40 cm herabgehen darf, andererseits aber für den Betrachter eine genaue Erkennung der Feinheiten eines Bildes eine größere Annäherung der Augen verlangt, so scheint sich hieraus eine Schwierigkeit zu ergeben, die allenfalls das Gelingen des Ganzen in Frage stellt.

Deshalb haben wir hier noch die Frage zu erörtern: Welche Verschiedenheiten bestehen in den Distanzen, die durch die Größen r, a, b und f auf beiden Seiten des Schirmes gegeben sind?

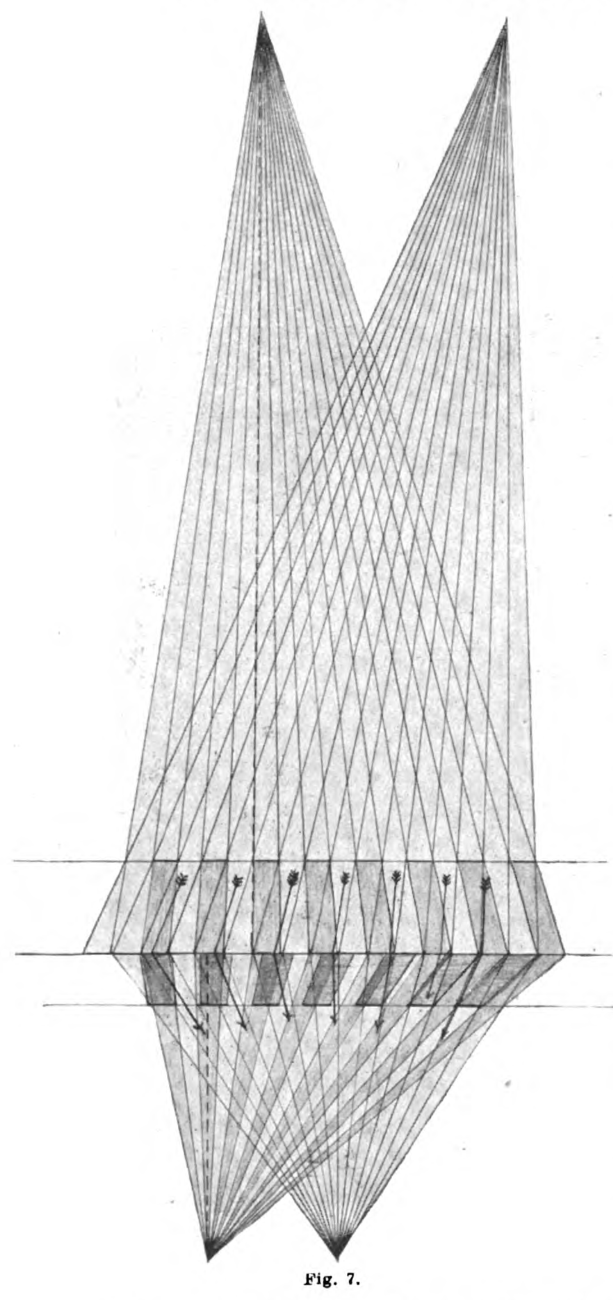


Fig. 7.

Versuchen wir die Lösung an einem, vielleicht etwas extrem gewählten Beispiel. Von den Fokusen F und F_1, die in einer Entfernung von $b = 100$ mm voneinander liegen, gehen Röntgenstrahlen aus, welche in einem Abstand $f = 1000$ nun auf den Schirm treffen, nachdem sie durch die Zwischenräume des Rasters hindurchpassiert sind, dessen Stäbe und Intervalle die Größe $r = 0{,}5$ mm haben und 5 mm vom Schirm entfernt stehen.

Da zu erwarten ist, daß wir aus einer Entfernung von 1 m, so, wie die Röhre vom Schirm absteht, wohl kaum mehr die Details des Stereobildes genau erkennen können, sondern wohl nahe an die Platte, etwa auf 26 cm, heranrücken wollen, und da unsere Pupillardistanz in dem gewählten Falle 65 mm beträgt, so fragen wir uns, ob wir nach der Formel vielleicht durch Änderung einer der vier Größen den entstehenden Fehler wieder ausgleichen können. Das Resultat würde nach der Formel in diesem Falle lauten:

$$\frac{a}{r} = \frac{f}{b}, \quad \frac{a}{0{,}5} = \frac{260}{65} \quad a = 2 \text{ mm}.$$

Diese Versuchsanordnung wäre unschwer zu realisieren, denn wir brauchten dann nur vor dem Leuchtschirm ein Diapositiv des Röntgenstrahlenrasters auf eine 2 mm dicke Glasplatte zu legen und dabei nicht einmal zu befürchten, daß eine kleine Unstimmigkeit in der Dicke dieser Platten sich störend bemerkbar machte. Denn nach eben derselben Formel wäre diese leicht auszugleichen, indem wir mit den Augen ganz von selbst in die richtige Entfernung f rücken, in der wir den Stereoskopeindruck am deutlichsten hätten, wir würden also ebenso, wie auf der anderen Seite des Schirmes die Röhre, so hier den Augenabstand automatisch einstellen.

Darin lägen also keine Schwierigkeiten für die Erzeugung eines guten Stereoskopbildes. Dagegen erwartete uns in diesem Falle von einer bisher noch nicht erörterten Seite her eine Enttäuschung. Wir würden zwar allenfalls einen Teil des Bildes stereoskopisch sehen, nach den Rändern zu aber würde der Eindruck allmählich verschwinden und ganz am Rande erschienen vollkommene Doppelbilder. Woher rührt dies? Ein Blick auf die Figur 7 zeigt es deutlich. Die Figur zeigt, wie die Breite der Rasterstäbe in dem geringeren Abstand

von nur etwa 26 cm unter einem viel größeren Sehwinkel in das Auge projiziert wird, als wenn es in 1 cm Abstand vom Schirm stünde. Ebenso wie die Breite der Rasterstäbe erscheinen auch die Zwischenräume unter dem größeren Sehwinkel, also mit anderen Worten, wir können durch die Rasterspalten hindurch größere Bildstreifen überblicken, als von dem 1 m entfernten Fokus aus erzeugt worden sind, das linke Auge sieht also außer dem vom linken Fokus aus entstandenen Bilde auch noch Teile des vom rechten Fokus erzeugten, die Zerlegung der Bilder ist keine vollkommene mehr und der Stereoskopeindruck geht verloren. An einer Stelle der Fläche macht sich das weniger bemerkbar, aber je mehr wir uns dem rechten Rande nähern, desto schiefer fallen die Strahlen ein, desto mehr greifen die Durchblicke durch die Rasterspalten auf die Nachbarfelder über und desto mehr wird die ganze Einrichtung hinfällig.

Es ergibt sich daraus, daß das Geschehen nicht allein der Formel

$$\frac{a}{r} = \frac{b}{f}$$

genügen muß, sondern daß außerdem auch noch jene berücksichtigt werden muß, welche als Grundformel für die unifokale und uniokulare Bilderzeugung auf dem Röntgenstrahlengebiet schon vor Jahren von Lambertz angegeben und vom Verf. in seinem ersten Beitrag zur Methodik der Röntgenographie zum Ausgangspunkt seiner Betrachtungen gewählt worden ist. Nach dieser Formel steht das Bild (hier die Breite des Streifenbildes) zu dem Objekt (der Breite des Rasterstabes) in demselben Verhältnis wie dessen Fokusabstand zu dem Fokusabstand des Objektes.

Wir wollen uns hier gar nicht in eine genauere Analyse der Art der so entstandenen Ungenauigkeiten verlieren, sondern uns mit der Feststellung begnügen, daß bei diesem Augenabstand die Rasterstreifengröße nicht mehr auf die Bildstreifengröße paßt.

Unter solchen Umständen könnte also das ganze theoretisch so vielverheißende Prinzip an Schwierigkeiten der praktischen Ausführung scheitern!

Glücklicherweise gibt es aber noch verschiedene Wege, um doch noch zu einem befriedigenden Resultat zu gelangen. Zunächst soll nur angedeutet werden, daß wir die Möglichkeit haben, bei der eben als Beispiel gewählten Anordnung, wo also, wie ausgeführt, der Lichtstrahlenraster wegen der Annäherung unserer Augen an den Schirm relativ zu grob geworden ist, ihn nur durch ein gemäß den geänderten Verhältnissen verkleinertes Diapositiv des Röntgenstrahlenrasters zu ersetzen brauchten. Dann wäre es wieder möglich, die erforderliche Deckung jeweils der einen Bildstreifenhälfte für jedes der beiden Augen zu erzielen; wir erhielten dann das Stereoskopbild in einem verkleinerten Maßstabe. Ferner könnten wir auch, wenn uns an der Maßgleichheit von Objekt und Bild gelegen wäre, auf der Röhren- und Augenseite des Schirmes die Abstände möglichst genau gleich wählten, die kleinen noch bleibenden Differenzen durch Änderung von f ausgleichen und dann ein deutliches Sehen der Details des Schirmbildes gleichwohl ermöglichten, indem wir vor die beiden Augen Linsensysteme setzten, welche dieses vergrößern und damit an den Betrachter heranziehen würden.

Es sind also Möglichkeiten gegeben, um die sogenannte Tautomorphie von Objekt und Bild zu erzielen. Ja, sogar die Möglichkeit einer Rekonstruktion des Objektes nach stereophotogrammetrischen Grundsätzen besteht. Verf. dieser Zeilen wird dieser Aufgabe eine spätere Abhandlung widmen. Doch gegenwärtig handelt es sich ja nur um die Frage, ob wir mit diesem Verfahren und in einer einfachen Weise überhaupt ein stereoskopisches Sehen des Durchleuchtungsbildes erzielen können, und dies ist zunächst zu bejahen; es kann sogar ohne Anwendung komplizierter Vorrichtungen erreicht worden, wenn wir nur das richtige Kompromiß zwischen den Abmessungen der Raster, Rasterabstände der Bildweiten und der „Basis" an Röhre und Augen zu treffen wissen.

Das oben (Seite 586) gewählte Beispiel hat, und zwar absichtlich, um die obwaltenden Bedingungen ganz augenfällig aufzuweisen, mit sehr weitgehenden Differenzen in den Ab-

messungen auf beiden Seiten des Schirmes gearbeitet. Unter jenen Bedingungen war ein stereoskopischer Effekt unmöglich. Es erscheint aber schon ohne weiteres höchstwahrscheinlich, daß bei dem Heraustreten aus der richtigen und günstigsten Entfernung unserer Augen vom Schirm der Stereoskopeindruck nicht mit einem Schlage verschwindet, sondern nur allmählich schlechter wird und schließlich aufhört. Dies ist auch tatsächlich der Fall, und zwar so, daß bei langsamer Annäherung oder Entfernung aus der richtigen Bildweite zuerst an den Rändern, da, wo die Strahlen am schrägsten einfallen, allmählich für jedes Auge auch Bildteile sichtbar werden, die jeweils für das andere Auge bestimmt sind. Dann treten auch Zonen nahe dem Bildrande auf, wo das Bild unklar und verdunkelt ist, und erst wenn wir schon beträchtlich aus dem vorgeschriebenen Abstand herausgetreten sind, wird auch in der Mitte des Bildes der Stereoskopeindruck ganz allmählich ausgelöscht.

Eine gewisse Differenz zwischen dem Abstand der Augen und der Röhre vom Schirm wird demnach keine Auslöschung des Stereoskopeffektes zur Folge haben, solange sie eine gewisse Grenze nicht überschreitet und es gilt also nur das zulässige Optimum auszuproben. Ein solches Beispiel sei hier wiedergegeben. Wenn bei gleicher Rasterbreite (r) = 0,5 und annähernder Gleichheit zwischen der Pupillardistanz des Betrachters und der Distanz der Fokuse in der Stereoröhre ($b = 65$ mm) der Abstand des Rasters auf der Röhrenseite 3,5 und auf der Augenseite 3 mm gewählt wird, so ergibt die Formel auf der Röhrenseite, also da, wo die Untersuchungsperson Platz haben muß, die Größe $f = 455$ mm und auf der Seite des Betrachters $f = 390$ mm; des sind Abstände, welche sowohl auf der Seite der Röhre genügend Raum für die Unterbringung eines Patienten, als auch auf der Seite des Beobachters noch die Möglichkeit einer deutlichen Erkennung der Details des Bildes gewähren. Dabei ist aber doch die Differenz zwischen der Größe f auf der einen und der anderen Seite des Schirmes noch nicht so groß, daß schon die auf Seite 587 dargelegten Störungen in der Deckung von Raster- und Bildstreifen eine Stereoskopie unmöglich machten; sie machen sich hier nur auf den Rändern des Bildes bemerkbar und wenn wir diese abblenden, erhalten wir einen guten körperhaften Effekt.

Es handelt sich also nunmehr für die weitere Darstellung nur noch um eine kurze Beschreibung der Art, wie den bisher entwickelten Prinzipien in einer praktisch verwertbaren handlichen Vorrichtung entsprochen werden kann und wie sich die Arbeit mit dieser dann gestaltet.

Die bisher am besten bewährte Vorrichtung wurde folgendermaßen gewonnen.

Der wichtigste Bestandteil ist der Raster. Auf einer planparallelen Eisenplatte wurde ein System von parallelen Linien eingehobelt, die eine Breite von 0,5 mm und ebensolche Tiefe besitzen und 0,5 mm voneinander abstehen. Dieses Rillensystem stellt einen ziemlich groben Strichraster dar. Von diesem Strichraster wurde in weicherem Material, — Zelluloid, Zellon schließlich erwies sich als das Praktischste Papiermasse — Matrizen gepreßt, die nun dem Original vollkommen gleichen. In die Rillen dieser Matrizen wurde sodann ein Metallamalgan eingestrichen und so ein Raster erzielt, der aus aufeinanderfolgenden Streifen eines für Röntgenstrahlen durchlässigen und eines dafür undurchlässigen Materials bestand. Dies ist der Röntgenstrahlenraster. Nun handelte es sich um die Gewinnung des Lichtstrahlenrasters. Zu diesem Zweck wurde der ebengenannte Röntgenstrahlenraster auf eine photographische Platte aufgelegt und ein Röntgenogramm davon angefertigt. Nun brauchte von dem so entstandenen Negativ nur ein gutes Diapositiv gemacht zu werden und man besaß einen zweiten, dem ersteren vollkommen kongruenten Raster, der nun aber an Stelle der Metallstreifen tiefschwarze, also lichtundurchlässige Linien, abwechselnd mit ebenso breiten aber glasklaren Streifen zeigt.

Die Verwendung dieser beiden Raster gestaltet sich wie folgt. Ein doppelter Holzrahmen von der Größe der Rasterplatte, etwa nach Art eines Kopierrähmchens ist die wesentliche Vorrichtung, welche die Rasterstereoskopie sowohl in Form der Durchleuchtung als auch der Aufnahme, als auch endlich der Betrachtung des gewonnenen Bildes ermöglicht. Dieser

Rahmen, dessen beide Hälften zusammengesteckt werden können, muß natürlich die nötige Tiefe besitzen, um beide Raster und den Leuchtschirm aufzunehmen.

Die Anwendung gestaltet sich nun verschieden, je nachdem 1. eine Durchleuchtung, 2. eine röntgenographische Aufnahme, 3. die Betrachtung des gewonnenen Bildes erfolgen soll. In jedem dieser drei Fälle muß die Anordnung der verschiedenen Komponenten eine andere sein; die Auswechselung ist jedoch sehr einfach, da nur jeweils das Rähmchen geöffnet zu werden braucht, damit die verschiedenen Platten in der nötigen Reihenfolge eingelegt werden können.

I. Im ersten Falle herrscht in dem Rahmen in der Richtung von der Röhre nach dem Betrachter hin gerechnet, nachstehende Reihenfolge der einzelnen Komponenten: 1. der Röntgenstrahlenraster, mit seiner Rasterschicht der lichtempfindlichen Fläche zugewendet; 2. eine gewöhnliche Glasplatte. Durch die unter 1 erwähnte Anordnung des Röntgenstrahlenrasters liegt dieser der Glasplatte dicht auf. Der Abstand der Rasterschichte von der lichtempfindlichen Fläche ist dann durch die Dicke dieser Glasplatte geregelt, wenn wir sie so wählen, daß ihr Dickendurchmesser + der Dicke des Leuchtschirmes die Größe a ausmacht. Diese letztere kann mit einem „Kaliber" ein für allemal festgelegt werden. Wenn also in dem auf Seite 588 gewählten Beispiel $a = 3{,}5$ mm sein muß und wir die Dicke des Leuchtschirmes mit 0,5 mm ermittelt haben, so müssen wir für unsere Durchleuchtungen eine Glasplatte von 3 mm zwischen Raster und Schirm schalten. Sollte vielleicht ein Meßfehler von einem Millimeterbruchteil unterlaufen, so kann dieser bei dem später zu beschreibenden „Einstellen" durch kleine Änderungen von f leicht korrigiert werden. Die 3. Komponente ist der Leuchtschirm, als 4. folgt nun wieder eine Glasplatte, am besten Bleiglas, um den Schutz der Augen des Betrachters gleich mit dieser Zwischenschicht zwischen Leuchtschirm und Lichtstrahlenraster zu erreichen. Die Dicke dieser Platte wäre in dem auf Seite 588 gewählten Beispiel 3 mm. Die 5. Komponente, der Lichtstrahlenraster wird so eingelegt, daß er seine Schichtseite dem Leuchtschirm zukehrt. Alle diese fünf Bestandteile werden in dem Rähmchen durch eine Feder fest zusammengepreßt.

Bei der Durchleuchtung wird nun in folgender Weise verfahren. Zunächst wird geprüft, ob der Abstand der Röhre vom Schirm richtig ist, in dem auf Seite 588 gewählten Beispiel also, ob die Größe $f = 455$ mm beträgt und ob nicht etwa doch durch einen kleinen Meßfehler bei der Wahl der Zwischenschicht (a) die von beiden Fokusen herkommenden Röntgenstrahlen übereinandergreifende Bildstreifen belichten, so etwa wie es auf der Figur 6 dargestellt ist. In diesem Falle verschieben wir die Röhre durch Annähern oder Entfernen so lange, bis der Leuchtschirm ganz gleichmäßig grau erscheint, also die von einem Fokus aus erzeugten Schattenstreifen immer genau in die vom anderen aus entstandenen Belichtungsstreifen hineinpassen. Dann kann man nur andeutungsweise noch den Streifencharakter der ganzen Leuchtfläche erkennen; je gleichmäßiger grau die ganze Fläche ist, desto schöner wird nach Aufsetzen des Lichtstrahlenrasters unser Stereobild werden. Es ist also ein richtiges „Einstellen" genau so, wie bei der Photographie der richtige Abstand eingestellt wird, ein Vorgang, der etwa soviel Zeit beansprucht, wie das Zentrieren einer Röhre. Die Prozedur braucht übrigens nicht bei jeder Rasterdurchleuchtung eigens wieder neu vorgenommen zu werden, denn wir können uns ja leicht Vorrichtungen schaffen, welche den so ermittelten Röhrenabstand ein für allemal zu fixieren erlauben.

Hierauf erst wird der Betrachtungsraster vor den Leuchtschirm in den Rahmen eingelegt. Auch unsere Augen müssen wir nun bei der Durchleuchtung auf die richtige Entfernung „einstellen"; doch dieser Vorgang ist ganz automatisch, da wir ja doch schon aus der Erfahrung gewohnt sind, mit den Augen jeweils die richtige Entfernung für deutliches Sehen aufzusuchen.

Das Objekt, welches wir durchleuchten, entwirft unter diesen Verhältnissen dann auf der Leuchtfläche des Schirmes ein Bild der Art, wie es auf Figur 5 dargestellt ist. Durch die

Vorschaltung des Lichtstrahlenrasters wird sodann dieses an sich wirre und unverständliche Bild erst wieder für die beiden Augen zerlegt, so wie die Figuren 8 und 9 zeigen. Diese beiden Figuren sind nichts anderes als die von den Standpunkten der beiden Augen aus gewonnenen Photogramme eines Rasterstereogrammes, dem als die Grundlage die Figur 5 diente und das durch Vorschaltung des Lichtstrahlenrasters in der beschriebenen Weise zerlegt ist. Man wird darauf erkennen, daß diese zwei Figuren 8 und 9 nicht gleich sind, sondern in der Weise verschieden, wie eben ein Körper für die beiden Augen verschieden erscheint; und es ist klar, daß durch diese Betrachtungsweise sofort der körperhafte Eindruck entsteht. Daß es sich um ein echtes Stereoskopbild handelt, kann sich jeder auch bei diesen beiden Figuren sofort anschaulich machen, der sie in einem Stereoskop oder in Ermangelung eines solchen mit gekreuzten Sehachsen betrachtet.

II. Betrachten wir nun den Fall, wo wir eine röntgenographische Rasteraufnahme machen wollen und sehen zu, welche Vorkehrungen dann zu treffen sind. Da fällt natürlich der Fluoreszenzschirm, die Bleiglaszwischenschicht und der Lichtstrahlenraster weg, wir legen

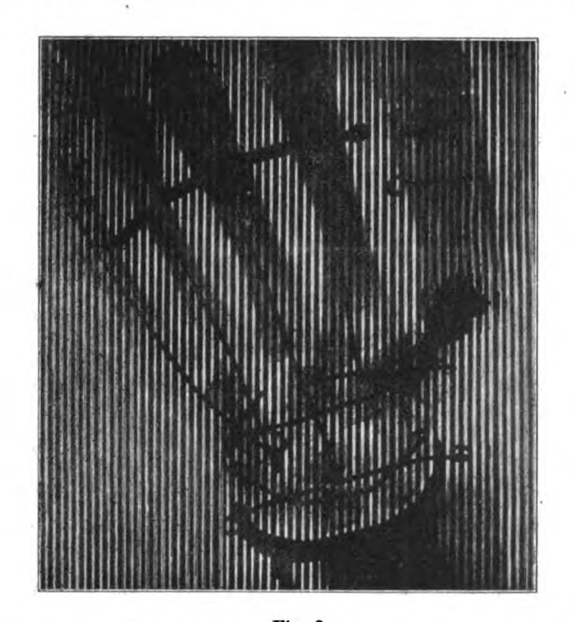


Fig. 8.

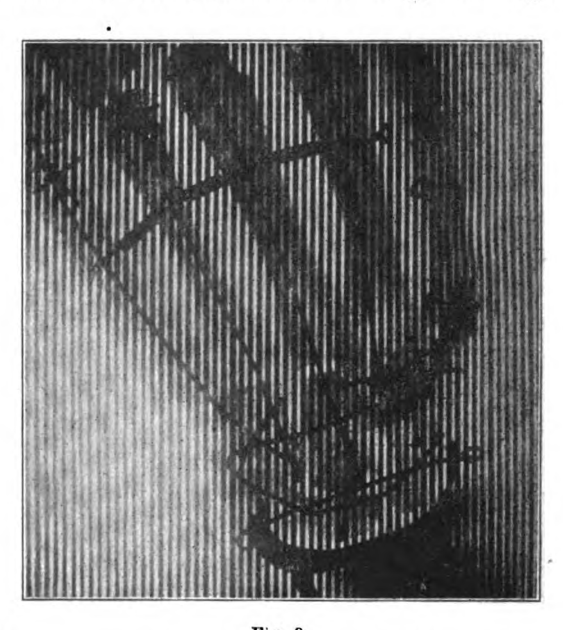


Fig. 9.

Fig. 8 und 9 zeigt wie sich das auf Fig. 5 dargestellte Doppelbild nach Vorschaltung des Lichtstrahlenrasters für das linke und rechte Auge darbietet. Das Doppelbild ist in seine beiden Komponnaten aufgelöst.

lediglich — und zwar in der Dunkelkammer — nacheinander ein: die photographische Platte, eine Zwischenschicht von der jeweils vorgeschriebenen, in dem gewählten Beispiel also von 3,5 mm Dicke und ihr mit der Schicht aufliegend den Röntgenstrahlenraster und vergessen auch nicht zu beiden Seiten lichtundurchlässige Kartons mit einzulegen, um das Tageslicht von der Platte abzuhalten; aus dem Durchleuchtungsrahmen ist so die Kassette für die Röntgenaufnahme geworden. Da wir den richtigen Röhrenabstand bereits von der Durchleuchtung her fixiert haben, braucht eine „Einstellung“ nicht mehr vorgenommen, sondern lediglich das Aufnahmeobjekt und die Kassette an die richtige Stelle gebracht und die Stereoröhre eingeschaltet zu werden.

III. Nun wollen wir uns das gewonnene Bild betrachten und legen in den Rahmen, der nun die Rolle des Betrachtungsrahmens spielt, der Reihe nach ein: das photographische Bild mit der Schichtseite gegen den Betrachter, auf ihm die Zwischenschicht von klarem Glas und einer Dicke von z. B. 3 mm und schließlich den Lichtstrahlenraster so wie bei der Durchleuchtung. Auf einen Betrachtungskasten gesetzt oder gegen eine Milchglasscheibe gehalten,

ergibt diese Anordnung dann natürlich wiederum dasselbe körperhafte Röntgenbild, wie es bei der Durchleuchtung erscheint, und durch die Figuren 8 und 9 geschildert worden ist.

In der vorliegenden Darstellung, wo der Wert gerade einer stereoskopischen Duchleuchtung besonders in den Vordergrund gestellt wurde, mag der Umstand vielleicht nebensächlich erscheinen, daß es mit dieser Methode auch möglich ist nicht nur röntgenoskopisch, sondern auch röntgenographisch zu arbeiten, zumal wir ja doch heute vortreffliche Methoden zur Erzielung der Röntgenstereoskopie, ja sogar zur Stereophotogrammetrie des Röntgenogrammes besitzen. Immerhin aber kann der Rasterstereoskopie auch auf dem Gebiete des Röntgenogrammes eine Zukunft beschieden sein. Ermöglicht doch dieses Verfahren die Gewinnung von stereoskopischen Röntgenogrammen ohne Plattenwechsel, einzeitigen Aufnahmen von Bruchteilen einer Sekunde, die Festhaltung von Momentbildern des Herzens, Magens, Darmes, Zwerchfells und anderer beweglicher Körperkomponenten im Stereoröntgenogramm und macht damit gerade jene Schwierigkeiten gegenstandlos, welche bisher auf dem stereoskopischen Gebiete der Röntgenologie einen steten Fehlerfaktor ausmachten, der völlig eben niemals, auch nicht durch die sinnreichsten Anordnungen überwunden werden konnte. Auch der Weg zur Erreichung stereoskopischer Röntgen-Kinematographie wird durch die Methode gebahnt[1]).

Daß diese körperhaften Röntgenbilder auch der Ausmessung zugänglich sind, sei vorläufig hier nur angedeutet. Wir können in dem körperhaften Röntgenbilde mit einem Maßstab, Zirkelspitzen oder irgendwelchen Visiermitteln (Fadenkreuz u. a.) herumfahren und so sogar zur stereophotogrammetrischen Rekonstruktion gelangen. Doch dazu müssen jene Kautelen eingehalten werden, welche Verfasser dieser Zeilen kürzlich für die Arbeit mit dem Stereoskiagraphen eingehend erörtert hat.

Was hier in Kürze ausgeführt worden ist, sollte in erster Linie den Zweck verfolgen, auch für die Durchleuchtung zu zeigen, daß es durch einfache Mittel möglich ist, den schwersten Fehler zu beheben, an welchem das diagnostische Röntgenverfahren seit seinen Anfängen bis in diese Zeit hinein gekrankt hat, einen Mangel, der Schuld war, daß dieses Verfahren bis in die letzte Zeit einer Kritik seiner Exaktheit als streng wissenschaftliches Untersuchungsmittel nicht voll standhalten konnte, nämlich den Übelstand der Verzerrung des zentralprojektivischen Schattenbildes.

Internationale Fachliteratur.

a) Vereine und Kongresse.

Geburtshilfliche Gesellschaft zu Hamburg. Sitzung vom 23. Januar 1917.

Calmann: **Ein Fall von sarkomatös entartetem Uterusmyom.** Die 63jährige Patientin hatte bis zum 57. Lebensjahr sich immer mehr steigernde außerordentlich starke Menses gehabt. Vor etwa zehn Jahren war ihr die Operation empfohlen worden. Auf ihre Weigerung hin wurde eine Bestrahlung begonnen, aber von ihr selbst wieder aufgegeben. Nach $2^1/_2$jähriger Menopause begannen im Mai 1916 wieder Blutungen und übelriechender Ausfluß. Sie wurde dann von anderer Seite mit Einspritzungen behandelt. Januar 1917. Status präsens: Kachektisch anämisch; sehr abgemagerte Patientin. Im Urin $^1/_2$% Zucker, etwas Azetessigsäure. Übelriechender blutiger Ausfluß. Die etwas große intakte Portio geht in einen mannskopfgroßen glattwandigen harten birnenförmigen Tumor über. Diagnose: maligne entartetes Myom. Auf antidiabetische alkalisierende Diät verschwindet der Zucker und die Azetessigsäure. Operation in Lumbalanästhesie, leichte Totalexstirpation des Uterus. Patientin steht (wegen höheren Alters) bereits am fünften Tage auf. Präparat: Die Uteruswand ist außerordentlich verdünnt.

[1]) Von Wert mag auch sein, daß diese Methode, die zu stereoskopischen Bildern jeweils nur eine Platte benötigt, dem mit der Stereoskopie verknüpften Übelstande einer gewissen Plattenverschwendung begegnet.

messungen auf beiden Seiten des Schirmes gearbeitet. Unter jenen Bedingungen war ein stereoskopischer Effekt unmöglich. Es erscheint aber schon ohne weiteres höchstwahrscheinlich, daß bei dem Heraustreten aus der richtigen und günstigsten Entfernung unserer Augen vom Schirm der Stereoskopeindruck nicht mit einem Schlage verschwindet, sondern nur allmählich schlechter wird und schließlich aufhört. Dies ist auch tatsächlich der Fall, und zwar so, daß bei langsamer Annäherung oder Entfernung aus der richtigen Bildweite zuerst an den Rändern, da, wo die Strahlen am schrägsten einfallen, allmählich für jedes Auge auch Bildteile sichtbar werden, die jeweils für das andere Auge bestimmt sind. Dann treten auch Zonen nahe dem Bildrande auf, wo das Bild unklar und verdunkelt ist, und erst wenn wir schon beträchtlich aus dem vorgeschriebenen Abstand herausgetreten sind, wird auch in der Mitte des Bildes der Stereoskopeindruck ganz allmählich ausgelöscht.

Eine gewisse Differenz zwischen dem Abstand der Augen und der Röhre vom Schirm wird demnach keine Auslöschung des Stereoskopeffektes zur Folge haben, solange sie eine gewisse Grenze nicht überschreitet und es gilt also nur das zulässige Optimum auszuproben. Ein solches Beispiel sei hier wiedergegeben. Wenn bei gleicher Rasterbreite $(r) = 0{,}5$ und annähernder Gleichheit zwischen der Pupillardistanz des Betrachters und der Distanz der Fokuse in der Stereoröhre ($b = 65$ mm) der Abstand des Rasters auf der Röhrenseite 3,5 und auf der Augenseite 3 mm gewählt wird, so ergibt die Formel auf der Röhrenseite, also da, wo die Untersuchungsperson Platz haben muß, die Größe $f = 455$ mm und auf der Seite des Betrachters $f = 390$ mm; des sind Abstände, welche sowohl auf der Seite der Röhre genügend Raum für die Unterbringung eines Patienten, als auch auf der Seite des Beobachters noch die Möglichkeit einer deutlichen Erkennung der Details des Bildes gewähren. Dabei ist aber doch die Differenz zwischen der Größe f auf der einen und der anderen Seite des Schirmes noch nicht so groß, daß schon die auf Seite 587 dargelegten Störungen in der Deckung von Raster- und Bildstreifen eine Stereoskopie unmöglich machten; sie machen sich hier nur auf den Rändern des Bildes bemerkbar und wenn wir diese abblenden, erhalten wir einen guten körperhaften Effekt.

Es handelt sich also nunmehr für die weitere Darstellung nur noch um eine kurze Beschreibung der Art, wie den bisher entwickelten Prinzipien in einer praktisch verwertbaren handlichen Vorrichtung entsprochen werden kann und wie sich die Arbeit mit dieser dann gestaltet.

Die bisher am besten bewährte Vorrichtung wurde folgendermaßen gewonnen.

Der wichtigste Bestandteil ist der Raster. Auf einer planparallelen Eisenplatte wurde ein System von parallelen Linien eingehobelt, die eine Breite von 0,5 mm und ebensolche Tiefe besitzen und 0,5 mm voneinander abstehen. Dieses Rillensystem stellt einen ziemlich groben Strichraster dar. Von diesem Strichraster wurde in weicherem Material, — Zelluloid, Zellon schließlich erwies sich als das Praktischste Papiermasse — Matrizen gepreßt, die nun dem Original vollkommen gleichen. In die Rillen dieser Matrizen wurde sodann ein Metallamalgan eingestrichen und so ein Raster erzielt, der aus aufeinanderfolgenden Streifen eines für Röntgenstrahlen durchlässigen und eines dafür undurchlässigen Materials bestand. Dies ist der Röntgenstrahlenraster. Nun handelte es sich um die Gewinnung des Lichtstrahlenrasters. Zu diesem Zweck wurde der ebengenannte Röntgenstrahlenraster auf eine photographische Platte aufgelegt und ein Röntgenogramm davon angefertigt. Nun brauchte von dem so entstandenen Negativ nur ein gutes Diapositiv gemacht zu werden und man besaß einen zweiten, dem ersteren vollkommen kongruenten Raster, der nun aber an Stelle der Metallstreifen tiefschwarze, also lichtundurchlässige Linien, abwechselnd mit ebenso breiten aber glasklaren Streifen zeigt.

Die Verwendung dieser beiden Raster gestaltet sich wie folgt. Ein doppelter Holzrahmen von der Größe der Rasterplatte, etwa nach Art eines Kopierrähmchens ist die wesentliche Vorrichtung, welche die Rasterstereoskopie sowohl in Form der Durchleuchtung als auch der Aufnahme, als auch endlich der Betrachtung des gewonnenen Bildes ermöglicht. Dieser

Rahmen, dessen beide Hälften zusammengesteckt werden können, muß natürlich die nötige Tiefe besitzen, um beide Raster und den Leuchtschirm aufzunehmen.

Die Anwendung gestaltet sich nun verschieden, je nachdem 1. eine Durchleuchtung, 2. eine röntgenographische Aufnahme, 3. die Betrachtung des gewonnenen Bildes erfolgen soll. In jedem dieser drei Fälle muß die Anordnung der verschiedenen Komponenten eine andere sein; die Auswechselung ist jedoch sehr einfach, da nur jeweils das Rähmchen geöffnet zu werden braucht, damit die verschiedenen Platten in der nötigen Reihenfolge eingelegt werden können.

I. Im ersten Falle herrscht in dem Rahmen in der Richtung von der Röhre nach dem Betrachter hin gerechnet, nachstehende Reihenfolge der einzelnen Komponenten: 1. der Röntgenstrahlenraster, mit seiner Rasterschicht der lichtempfindlichen Fläche zugewendet; 2. eine gewöhnliche Glasplatte. Durch die unter 1 erwähnte Anordnung des Röntgenstrahlenrasters liegt dieser der Glasplatte dicht auf. Der Abstand der Rasterschichte von der lichtempfindlichen Fläche ist dann durch die Dicke dieser Glasplatte geregelt, wenn wir sie so wählen, daß ihr Dickendurchmesser + der Dicke des Leuchtschirmes die Größe a ausmacht. Diese letztere kann mit einem „Kaliber" ein für allemal festgelegt werden. Wenn also in dem auf Seite 588 gewählten Beispiel $a = 3{,}5$ mm sein muß und wir die Dicke des Leuchtschirmes mit 0,5 mm ermittelt haben, so müssen wir für unsere Durchleuchtungen eine Glasplatte von 3 mm zwischen Raster und Schirm schalten. Sollte vielleicht ein Meßfehler von einem Millimeterbruchteil unterlaufen, so kann dieser bei dem später zu beschreibenden „Einstellen" durch kleine Änderungen von f leicht korrigiert werden. Die 3. Komponente ist der Leuchtschirm, als 4. folgt nun wieder eine Glasplatte, am besten Bleiglas, um den Schutz der Augen des Betrachters gleich mit dieser Zwischenschicht zwischen Leuchtschirm und Lichtstrahlenraster zu erreichen. Die Dicke dieser Platte wäre in dem auf Seite 588 gewählten Beispiel 3 mm. Die 5. Komponente, der Lichtstrahlenraster wird so eingelegt, daß er seine Schichtseite dem Leuchtschirm zukehrt. Alle diese fünf Bestandteile werden in dem Rähmchen durch eine Feder fest zusammengepreßt.

Bei der Durchleuchtung wird nun in folgender Weise verfahren. Zunächst wird geprüft, ob der Abstand der Röhre vom Schirm richtig ist, in dem auf Seite 588 gewählten Beispiel also, ob die Größe $f = 455$ mm beträgt und ob nicht etwa doch durch einen kleinen Meßfehler bei der Wahl der Zwischenschicht (a) die von beiden Fokusen herkommenden Röntgenstrahlen übereinandergreifende Bildstreifen belichten, so etwa wie es auf der Figur 6 dargestellt ist. In diesem Falle verschieben wir die Röhre durch Annähern oder Entfernen so lange, bis der Leuchtschirm ganz gleichmäßig grau erscheint, also die von einem Fokus aus erzeugten Schattenstreifen immer genau in die vom anderen aus entstandenen Belichtungsstreifen hineinpassen. Dann kann man nur andeutungsweise noch den Streifencharakter der ganzen Leuchtfläche erkennen; je gleichmäßiger grau die ganze Fläche ist, desto schöner wird nach Aufsetzen des Lichtstrahlenrasters unser Stereobild werden. Es ist also ein richtiges „Einstellen" genau so, wie bei der Photographie der richtige Abstand eingestellt wird, ein Vorgang, der etwa soviel Zeit beansprucht, wie das Zentrieren einer Röhre. Die Prozedur braucht übrigens nicht bei jeder Rasterdurchleuchtung eigens wieder neu vorgenommen zu werden, denn wir können uns ja leicht Vorrichtungen schaffen, welche den so ermittelten Röhrenabstand ein für allemal zu fixieren erlauben.

Hierauf erst wird der Betrachtungsraster vor den Leuchtschirm in den Rahmen eingelegt. Auch unsere Augen müssen wir nun bei der Durchleuchtung auf die richtige Entfernung „einstellen"; doch dieser Vorgang ist ganz automatisch, da wir ja doch schon aus der Erfahrung gewohnt sind, mit den Augen jeweils die richtige Entfernung für deutliches Sehen aufzusuchen.

Das Objekt, welches wir durchleuchten, entwirft unter diesen Verhältnissen dann auf der Leuchtfläche des Schirmes ein Bild der Art, wie es auf Figur 5 dargestellt ist. Durch die

Vorschaltung des Lichtstrahlenrasters wird sodann dieses an sich wirre und unverständliche Bild erst wieder für die beiden Augen zerlegt, so wie die Figuren 8 und 9 zeigen. Diese beiden Figuren sind nichts anderes als die von den Standpunkten der beiden Augen aus gewonnenen Photogramme eines Rasterstereogrammes, dem als die Grundlage die Figur 5 diente und das durch Vorschaltung des Lichtstrahlenrasters in der beschriebenen Weise zerlegt ist. Man wird darauf erkennen, daß diese zwei Figuren 8 und 9 nicht gleich sind, sondern in der Weise verschieden, wie eben ein Körper für die beiden Augen verschieden erscheint; und es ist klar, daß durch diese Betrachtungsweise sofort der körperhafte Eindruck entsteht. Daß es sich um ein echtes Stereoskopbild handelt, kann sich jeder auch bei diesen beiden Figuren sofort anschaulich machen, der sie in einem Stereoskop oder in Ermangelung eines solchen mit gekreuzten Sehachsen betrachtet.

II. Betrachten wir nun den Fall, wo wir eine röntgenographische Rasteraufnahme machen wollen und sehen zu, welche Vorkehrungen dann zu treffen sind. Da fällt natürlich der Fluoreszenzschirm, die Bleiglaszwischenschicht und der Lichtstrahlenraster weg, wir legen

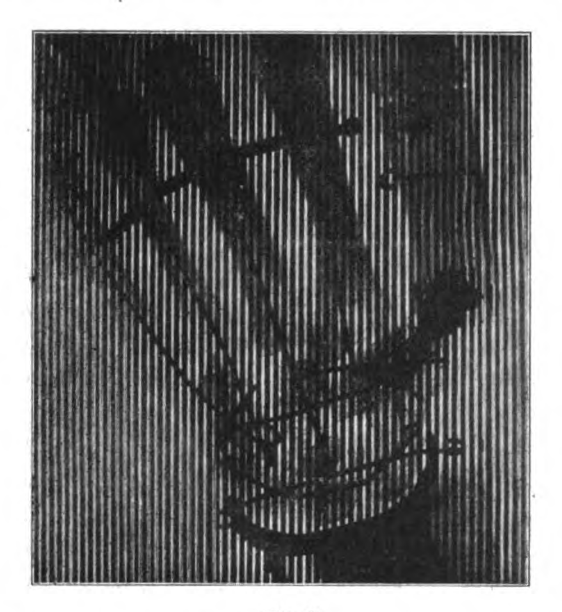


Fig. 8.

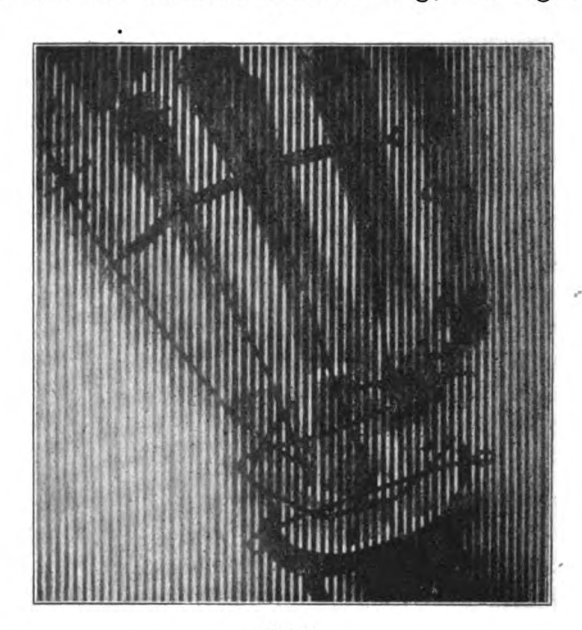


Fig. 9.

Fig. 8 und 9 zeigt wie sich das auf Fig. 5 dargestellte Doppelbild nach Vorschaltung des Lichtstrahlenrasters für das linke und rechte Auge darbietet. Das Doppelbild ist in seine beiden Komponnaten aufgelöst.

lediglich — und zwar in der Dunkelkammer — nacheinander ein: die photographische Platte, eine Zwischenschicht von der jeweils vorgeschriebenen, in dem gewählten Beispiel also von 3,5 mm Dicke und ihr mit der Schicht aufliegend den Röntgenstrahlenraster und vergessen auch nicht zu beiden Seiten lichtundurchlässige Kartons mit einzulegen, um das Tageslicht von der Platte abzuhalten; aus dem Durchleuchtungsrahmen ist so die Kassette für die Röntgenaufnahme geworden. Da wir den richtigen Röhrenabstand bereits von der Durchleuchtung her fixiert haben, braucht eine „Einstellung“ nicht mehr vorgenommen, sondern lediglich das Aufnahmeobjekt und die Kassette an die richtige Stelle gebracht und die Stereoröhre eingeschaltet zu werden.

III. Nun wollen wir uns das gewonnene Bild betrachten und legen in den Rahmen, der nun die Rolle des Betrachtungsrahmens spielt, der Reihe nach ein: das photographische Bild mit der Schichtseite gegen den Betrachter, auf ihm die Zwischenschicht von klarem Glas und einer Dicke von z. B. 3 mm und schließlich den Lichtstrahlenraster so wie bei der Durchleuchtung. Auf einen Betrachtungskasten gesetzt oder gegen eine Milchglasscheibe gehalten,

ergibt diese Anordnung dann natürlich wiederum dasselbe körperhafte Röntgenbild, wie es bei der Durchleuchtung erscheint, und durch die Figuren 8 und 9 geschildert worden ist.

In der vorliegenden Darstellung, wo der Wert gerade einer stereoskopischen Duchleuchtung besonders in den Vordergrund gestellt wurde, mag der Umstand vielleicht nebensächlich erscheinen, daß es mit dieser Methode auch möglich ist nicht nur röntgenoskopisch, sondern auch röntgenographisch zu arbeiten, zumal wir ja doch heute vortreffliche Methoden zur Erzielung der Röntgenstereoskopie, ja sogar zur Stereophotogrammetrie des Röntgenogrammes besitzen. Immerhin aber kann der Rasterstereoskopie auch auf dem Gebiete des Röntgenogrammes eine Zukunft beschieden sein. Ermöglicht doch dieses Verfahren die Gewinnung von stereoskopischen Röntgenogrammen ohne Plattenwechsel, einzeitigen Aufnahmen von Bruchteilen einer Sekunde, die Festhaltung von Momentbildern des Herzens, Magens, Darmes, Zwerchfells und anderer beweglicher Körperkomponenten im Stereoröntgenogramm und macht damit gerade jene Schwierigkeiten gegenstandlos, welche bisher auf dem stereoskopischen Gebiete der Röntgenologie einen steten Fehlerfaktor ausmachten, der völlig eben niemals, auch nicht durch die sinnreichsten Anordnungen überwunden werden konnte. Auch der Weg zur Erreichung stereoskopischer Röntgen-Kinematographie wird durch die Methode gebahnt[1]).

Daß diese körperhaften Röntgenbilder auch der Ausmessung zugänglich sind, sei vorläufig hier nur angedeutet. Wir können in dem körperhaften Röntgenbilde mit einem Maßstab, Zirkelspitzen oder irgendwelchen Visiermitteln (Fadenkreuz u. a.) herumfahren und so sogar zur stereophotogrammetrischen Rekonstruktion gelangen. Doch dazu müssen jene Kautelen eingehalten werden, welche Verfasser dieser Zeilen kürzlich für die Arbeit mit dem Stereoskiagraphen eingehend erörtert hat.

Was hier in Kürze ausgeführt worden ist, sollte in erster Linie den Zweck verfolgen, auch für die Durchleuchtung zu zeigen, daß es durch einfache Mittel möglich ist, den schwersten Fehler zu beheben, an welchem das diagnostische Röntgenverfahren seit seinen Anfängen bis in diese Zeit hinein gekrankt hat, einen Mangel, der Schuld war, daß dieses Verfahren bis in die letzte Zeit einer Kritik seiner Exaktheit als streng wissenschaftliches Untersuchungsmittel nicht voll standhalten konnte, nämlich den Übelstand der Verzerrung des zentralprojektivischen Schattenbildes.

Internationale Fachliteratur.

a) Vereine und Kongresse.

Geburtshilfliche Gesellschaft zu Hamburg. Sitzung vom 23. Januar 1917.

Calmann: **Ein Fall von sarkomatös entartetem Uterusmyom.** Die 63jährige Patientin hatte bis zum 57. Lebensjahr sich immer mehr steigernde außerordentlich starke Menses gehabt. Vor etwa zehn Jahren war ihr die Operation empfohlen worden. Auf ihre Weigerung hin wurde eine Bestrahlung begonnen, aber von ihr selbst wieder aufgegeben. Nach $2^1/_2$jähriger Menopause begannen im Mai 1916 wieder Blutungen und übelriechender Ausfluß. Sie wurde dann von anderer Seite mit Einspritzungen behandelt. Januar 1917. Status präsens: Kachektisch anämisch; sehr abgemagerte Patientin. Im Urin $^1/_2$% Zucker, etwas Azetessigsäure. Übelriechender blutiger Ausfluß. Die etwas große intakte Portio geht in einen mannskopfgroßen glattwandigen harten birnenförmigen Tumor über. Diagnose: maligne entartetes Myom. Auf antidiabetische alkalisierende Diät verschwindet der Zucker und die Azetessigsäure. Operation in Lumbalanästhesie, leichte Totalexstirpation des Uterus. Patientin steht (wegen höheren Alters) bereits am fünften Tage auf. Präparat: Die Uteruswand ist außerordentlich verdünnt.

[1]) Von Wert mag auch sein, daß diese Methode, die zu stereoskopischen Bildern jeweils nur eine Platte benötigt, dem mit der Stereoskopie verknüpften Übelstande einer gewissen Plattenverschwendung begegnet.

Die Höhle ist ausgefüllt von zwei doppelfaustgroßen submukösen Tumoren, von denen der untere in die Cervix ragt, grünlich verfärbt und jauchig zerfallen ist. Beide Tumoren sind vollkommen erweicht. Auf der Schnittfläche glatt, weiß und ödematös. Mikroskopisch: gemischtes Spindel- und Rundzellensarkom. — Calmann wirft die Frage auf, ob nicht vielleicht durch eine richtig durchgeführte Bestrahlung diese Entartung verhindert worden wäre.

Prochownick teilt, auf diesen letzten Punkt eingehend, mit, daß er fünf durch Bestrahlung vorübergehend erfolgreich behandelte Tumoren später operieren mußte, und zwar zweimal wegen Karzinoms und dreimal wegen Nekrose; er zieht daraus den Schluß, daß man vielleicht doch wieder dazu kommen werde, Tumoren von einiger Größe nicht mehr zu bestrahlen, sondern zu operieren.

Hirsch weist auf den von Sippel bekannt gegebenen Fall von Myom hin, der nach der Bestrahlung sarkomatös wurde. Hambg. Ärzte-Korrespondenz 1917, Nr. 6.

Ärztl. Verein Hamburg, 13. II. 1917.

Haenisch und Querner: **Über das akzidentelle Geräusch an der Pulmonalis und dessen Erklärung auf Grund von Röntgenbeobachtungen.** Es handelt sich um das über der Pulmonalis häufig beobachtete, auch bei völlig herzgesunden Menschen auftretende akzidentelle systolische Geräusch, welches von wechselnder Stärke, im allgemeinen dadurch charakterisiert ist, daß es beim Inspirium verschwindet oder wesentlich abgeschwächt wird, im Exspirium eine starke Intensitätszunahme erfährt. Erklärt ist dasselbe auf mannigfache Weise, von manchen Autoren als kardio-pulmonales Geräusch, von manchen durch beschleunigte Blutströmung, von anderen durch Elastizitätsveränderungen der Gefäßwand, von wieder anderen durch relative Pulmonalstenose usw. Ein von Rumpel und Reiche gegebener Erklärungsversuch, daß das Geräusch durch das Reiben der der Brustwand anliegenden Pulmonalis entstehe, gab uns Veranlassung, röntgenologische Untersuchungen anzustellen. Durchleuchtungen und Plattenaufnahmen bei rein frontalem Durchmesser ergaben in fast allen Fällen mit dem fraglichen Pulmonalgeräusch ein vollständiges Verschwinden des retrosternalen Lungenfeldspaltes und direkte Anlagerung des Herzgefäßschattens an die vordere Brustwand im Exspirium. Bei den Fällen ohne Geräusch blieb auch bei stärkster Ausatmung das retrosternale Lungenfeld, wenn auch verschmälert, frei. Als Ursache für diese Beeinflussung der Herzlage fanden wir in den positiven Fällen eine wesentlich größere Zwerchfellaktion, eine erheblichere Abflachung der vorderen Brustwand, eine stärkere Verkleinerung des sternovertebralen Durchmessers gegenüber den negativen Fällen, also eine meßbar größere Differenz der Raumverhältnisse im Thorax zwischen Ein- und Ausatmung. Damit ist zum erstenmal ein rein objektives, durch die Röntgenuntersuchung festzulegendes Symptom für die Annahme eines solchen Geräusches gegeben, welches eventuell auch bei fraglichen Fällen zur klinischen Diagnose beitragen kann. Die verschiedenen physikalischen Erklärungsmöglichkeiten auf Grund dieses Befundes werden erörtert.

Demonstration zahlreicher Röntgenbilder. Die Arbeit erscheint ausführlich an anderer Stelle.

b) Journalliteratur.

American journal of Roentgenology. May 1916.

Kennon Dunham: **Behandlung des Karbunkel mit Röntgenstrahlen.** Kasuistische Mitteilung: Behandlung von 67 Fällen von Karbunkel mit Röntgenstrahlen und gutem Erfolg. D. appliziert eine Volldose mit 3 mm Aluminiumfilterung (35 Milliampère-Minuten, mehr als 10 Kienböck). Wenn die ganze Induration exponiert wird, genügt eine Sitzung. Dann ist nach 48 Stunden das gesamte Krankheitsbild geändert, die Induration ist zurückgegangen oder Erweichung mit Abszeßbildung ist eingetreten. Fast keine Narben bleiben zurück. Ähnlich günstige Wirkung hat D. bei der Behandlung von Palmarabszessen gesehen. Anscheinend werden Streptokokken-Infektionen durch die Bestrahlung am besten beeinflußt.

Russel D. Carman: **Die Diagnose des Duodenalulkus.** Im Gegensatz zu früherer Meinung ist C. jetzt der Anschauung, daß die röntgenologisch feststellbare Veränderung des Bulbus duodeni eines der sichersten Zeichen des Zwölffingerdarmgeschwürs ist. Sonst hält C. die früheren Leitsätze aufrecht. (1. Unregelmäßigkeit der Duodenalbegrenzung bedeutet nicht Vorhandensein eines Geschwürs. 2. Gleichmäßige Füllung des Duodenums läßt sich nicht immer erzielen. 3. Manches Duodenalulkus zeigt keine röntgenologisch darstellbare Veränderung.) Besonders wichtig für die Sicherung der Diagnose „Duodenalulkus“ sind Serienaufnahmen. Gewisse konstante Veränderungen des Bulbus, vor allem ein korallenzweigartiges Aussehen, sind für Geschwüre des Duodenums charakteristisch (wenn auch entzündliche Prozesse der Nachbarschaft eine ähnliche Deformität erzeugen können). Ferner spricht für das Bestehen eines Geschwürs das Vorhandensein einer Nische, Deformität von Gestalt einer Inzisur, besondere Kleinheit des Bulbus usw. Außer diesen direkten Zeichen kommen eine Reihe von Symptomen in Betracht, die geeignet sind, die Diagnose des Geschwürs zu stützen: Duodenaldivertikel, Verstärkung der Magenmotilität, sechs Stundenrest, Antrumerweiterung und spastische Magenmanifestationen.

Juni 1916. George M. Mackee: **Idiosynkrasie gegen Röntgenstrahlen.** Mit der Zunahme der Erfahrungen und der Vervollkommnung des Instrumentariums ist das Eintreten unerwarteter Reaktionen nach Bestrahlung seltener geworden. Sicherlich reagieren verschiedene Stellen der menschlichen Haut verschieden. Die persönliche Reaktionsfähigkeit wechselt, entsprechend Erkrankung, vorausgegangener Bestrahlung, Durchblutung der Haut usw. M. ist sogar der Meinung, daß unerwartet auftretende Röntgenentzündungen bei seinem Material durch Fehler in der Technik oder Beurteilung veranlaßt wurden. Idiosynkrasie scheint nach Literaturangaben und Urteil erfahrener Röntgenologen vorzukommen, aber sehr selten zu sein, wofern man Überempfindlichkeit aus bekannten Veränderungen oder Behandlungsfehlern ausschließt.

P. M. Hickey: **Seitliche Hüftaufnahme.** H. durchstrahlt das Hüftgelenk in Seitenlage derart, daß die Platte unter dem kranken Gelenk liegt, der Schenkel in rechtwinkliger Beugestellung sich befindet, und die Zentralstrahlen der dem Patienten zugekehrten Röhre in einem Winkel von 20—25° den großen Trochanter passieren. Natürlich muß der Rücken gut gestützt, das kranke Bein fixiert werden, während das gesunde Bein in bequemer Stellung ruht. Voraussetzung für derartige Aufnahmen ist die freie Beweglichkeit des Hüftgelenks.

July 1916. Russel D. Carman: **Beobachtung von Magen- und Zwölffingerdarmgeschwür.** Kasuistische Mitteilung: Es bestand ein Geschwür der kleinen Kurvatur, sowie ein Ulkus des Bulbus duodeni. Jenes Geschwür markierte sich als kraterförmige Ausstülpung, dieses als Deformität des Bulbus. Die Diagnose wurde durch die Operation (66jährige Frau!) verifiziert.

Sidney Lange: **Ursache und Prophylaxe des „Röntgenkaters“.** Die Nachwirkungen nach Bestrahlung sind nach Lange Erscheinungen von Azidose. L. unterscheidet zwischen lokaler und allgemeiner Azidose (Quantitative Unterscheidung). Als Heilmittel empfiehlt er Natron bicarbon eventuell mit Zusatz von Magnesiumsulfat (!?).

Amédie Granger: **Die Verwendung des Sauerstoffs bei der Zystographie und der Pyelographie.** G. hat bereits 1909 bei Röntgenaufnahmen der Blase, Luftfüllung angewandt. Die Sauerstofffüllung erwies sich bald als überlegen und brauchbar auch für Fälle, bei denen die Füllung mit Flüssigkeit unmöglich blieb. Konkremente erscheinen deutlich als Schatten in dunkler Umgebung, Blasengeschwülste, Divertikel sind leicht darstellbar. G. füllt die Blase nach vorausgehender Entleerung allmählich mit Sauerstoff bis zu einem Drucke von zwei Pfund. Für die Füllung der Ureteren ist es notwendig, die Blase unter einen etwas höheren Druck zu stellen, um Rücksaugung zu vermeiden.

August 1916. Samuel B. Childs: **Konservative Frakturbehandlung und Röntgenstrahlen.** Die wiederholte Untersuchung von geschlossenen Frakturen ergibt weitgehendste Wiederherstellung, so daß operative Eingriffe möglichst vermieden werden sollen. Mindestens soll man wochenlang abwarten und die natürliche Heilung verfolgen (sogar über die Zeit von 6—8 Wochen nach der Verletzung hinaus).

W. S. Gorton: **Coolidgeröhrenradiographie.** Mit der Coolidgeröhre aufgenommene Röntgenogramme geben gewöhnlich ebenso gute Bilder wie mit anderen Röhren aufgenommene Objekte. Die besten Bilder freilich, die man mit der gewöhnlichen Röhre erzielt sind besser, als die besten Aufnahmen, die man mit der Coolidgeröhre erreicht; dabei dauert die Expositionszeit (gleiche Funkenlänge und Stromstärke vorausgesetzt) bei Verwendung der Coolidgeröhre 2—3mal so lang wie bei dem gewöhnlichen Röhrentyp.

Oktober 1916. C. Augustus Simpson: **Kälte als Sensibilisator für Röntgenstrahlen.** S. sah viermal ernste Hautreaktionen nach geringer filtrierter Röntgenbestrahlung bei Basedowscher Krankheit, bei Patienten, welche bis vor der Bestrahlung Eisumschläge angewandt hatten, auftreten. Die Kälte wirkte als Röntgen-Sensibilisator.

Llewelyn L. Jones: **Bariumdiagnostik.** Im Battle-Creek-Sanatorium wird die Barium-Füllung des Intestinaltrakts zur Untersuchung des Abdomens seit acht Jahren angewandt, und zwar vor jeder Laparotomie. Die zu Untersuchenden erhalten vor der Röntgenuntersuchung weder Einläufe noch Abführmittel, damit die Untersuchung möglichst unter normalen Verhältnissen stattfindet. Vor und nach der Untersuchung darf einige Zeit Nahrung in flüssiger oder fester Form nicht gereicht werden. Es empfiehlt sich zunächst (1/3) Barium in einer wässerigen Aufschwemmung, dann den Rest (2/3) in einer breiigen Mahlzeit zu verabfolgen.

November 1916. Alexander B. Moore: **Die Röntgendiagnostik bei Bronchiektasie.** Nach dem Ergebnis der Röntgenuntersuchung muß man infiltrierende, zylindrische, sackförmige Bronchiektasien unterscheiden. Die erste Form markiert sich als Verdichtungen im Bronchialverlauf (besonders in den unteren Lungenteilen), die vom Hilus aus nach der Peripherie ausstrahlen. Diese Infiltrationen sind schärfer lokalisiert als die bei chronischer Bronchitis oder entzündlicher Affektion des Bronchialbaumes. Überhaupt ist die differential diagnostische Sicherstellung mitunter sehr schwierig. Zylindrische Bronchialerweiterungen lassen sich öfters erst nach wiederholten Aufnahmen feststellen (Sekretfüllung bzw. Sekretentleerung). Bei der dritten Form bestehen Höhlen, die von dichtem Bindegewebe umgeben sind. Solche

Höhlen sind multipel und größer als bei der zylindrischen Bronchialerweiterung. Bei der Röntgendiagnose der Bronchiektasie kommen differentiell-chronische, eitrige Bronchitis und Lungenabszeß in Betracht. Für die Bronchialerweiterung spricht die Neigung am Lungengrund aufzutreten, das Anwachsen der Dichtigkeit in den größeren Bronchien und die Feststellung von Höhlen und Abschnürungen. Der Lungenabszeß ist gewöhnlich einfach, zeigt dünne Wandungen mit Flüssigkeitsniveau. — Die Kasuistik stützt sich auf Untersuchung von 25 Fällen.

Charles H. Mayo: **Röntgenstrahlen und Chirurgie.** Die Röntgenuntersuchung der Knochen und Gelenke, der Brust- und Bauchorgane, der Harnwege, der Gallenblase ist für den Chirurgen unentbehrlich. Der Röntgenologe sollte aber in seinen Berichten kurz, in seinen Schlüssen präzis sein und im Zweifelsfalle die Diagnose unbestimmt lassen. Die Spezialisten sollten Gelegenheit nehmen, ihre „bestimmte" Diagnose bei der Operation usw. überprüfen zu lassen. Die Zusammenarbeit zwischen Klinik und Röntgenuntersuchung lassen zu wünschen übrig.

R. S. Mahaney: **Arteriosklerose.** Bei einem 68jährigen Farmer bestand Sklerose der Radial- und Femoral-Arterien, so daß Verlauf und Verzweigung der größeren Gefäße auf dem Röntgenogramm sichtbar wurden.

P. M. Hickey: **Busennadel in der rechten Lunge.** Kasuistische Mitteilung: Der 18jährige Patient hatte eine Krawattennadel aspiriert, ohne daß Atembeschwerden, Husten usw. sich anschlossen. Extraktion unter Anwendung des Bronchoskops.

Med. and. surg. journal. September 1916.

Josef Shohan-Boston: **Theorie moderner Röntgenbehandlung.** Die Röntgenstrahlen wirken paradox: Röntgenstrahlen können Krebs erzeugen und Krebs heilen; sie wirken Wachstum hemmend und Wachstum befördernd. Einmal verursachen sie Schmerzen, ein andermal bringen sie Schmerzen zum Verschwinden, so daß man die Röntgenbestrahlung bald als Panazee, bald als feindliches Agens angesprochen hat. Für die Wirkung der Röntgenstrahlen sind maßgebend die Regeln, wie sie Wickham (Radiosensibilität der Zelle, Strahlenmenge, Strahlenart, Einwirkungszeit, Filterung) und Bergonié, Tribondeau, Béclère aufgestellt haben. (Die Radiosensibilität der Zelle ist abhängig von der Zell-Differenzierung, der Reproduktionsfähigkeit, mit der Voraussetzung, daß unter Einwirkung des Bestrahlens chemische, schließlich zum Tode führende Veränderungen auftreten.) Die Röntgenstrahlen wirken also entsprechend ihrer Qualität uud Quantität auf dieselben, sowie auf verschiedene Zellen, je nach dem Zellalter verschieden; dazu kommt, daß die Röntgenwirkung nicht nur lokal, sondern auch systematisch einwirkt. (Beeinflussung von Metastasen, von Tumoren, von Leukämie usw.) So hat die Anwendung der Röntgenstrahlen in der Chirurgie, in der inneren Medizin, in der Gynäkologie ein weites Feld der Anwendung gefunden. Was bisher erreicht ist, ist nach Sh. Pionierarbeit.

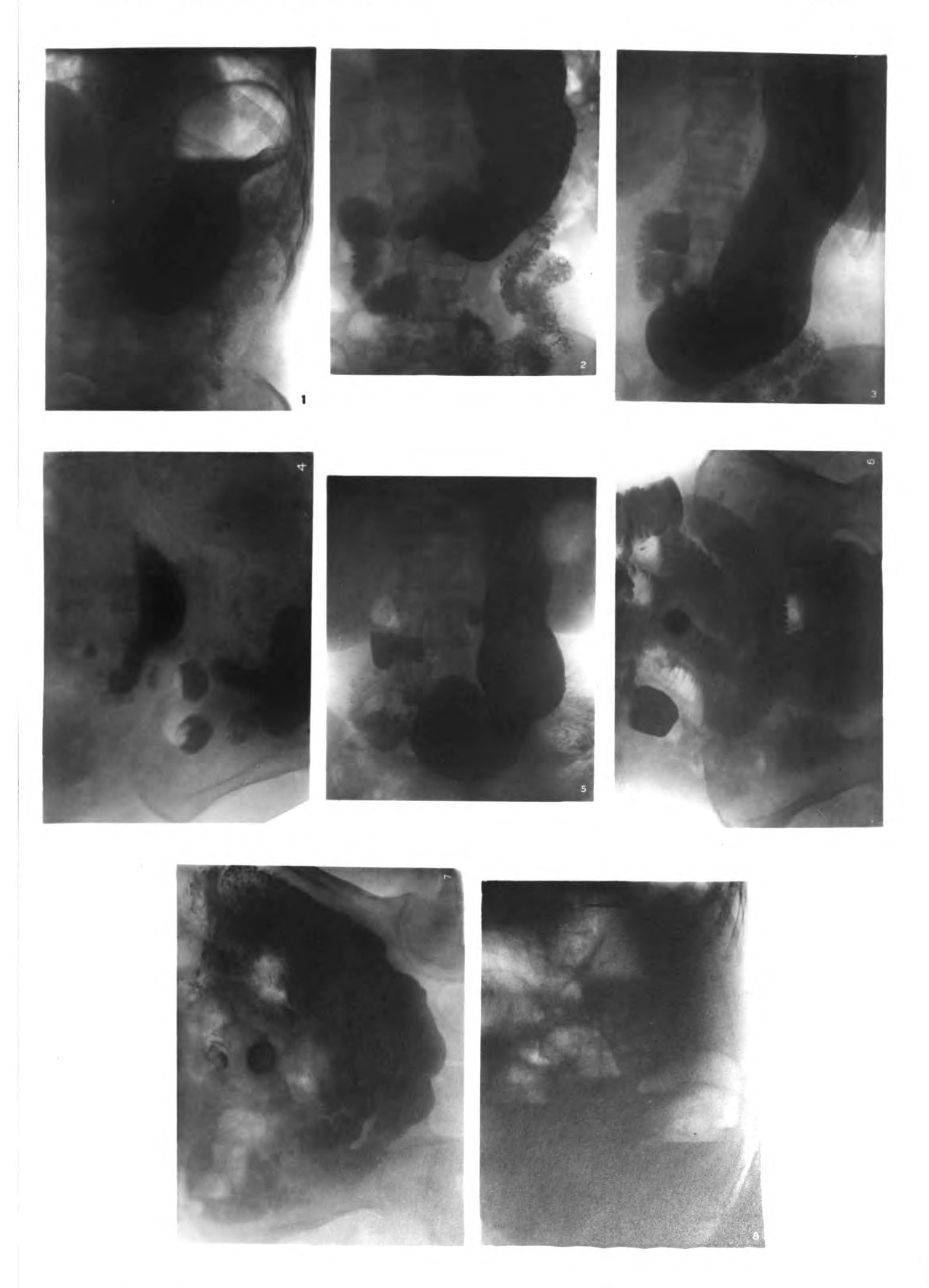
Interstat med. journal. Band XXIII, Nr. 5.

Russel H. Boggs-New York: **Behandlung des Doithelioms der Unterlippe.** Die Behandlung des Epithelioms der Unterlippe mit Röntgenstrahlen ist eine berechtigte Methode. Im Frühstadium wie im Spätstadium des Epithelioms ist die Röntgenbehandlung in der Hand des Experten Methode der Wahl. Der Therapeut muß den klinischen Charakter des Epithelioms und die Empfindlichkeit des Patienten berücksichtigen. Bei Epitheliom der Unterlippe bevorzugt B. die Behandlung des Epithelioms mit Radium, die der Drüsen mit Röntgenstrahlen (Coolidgeröhre).

Med. journal. Mai 1916.

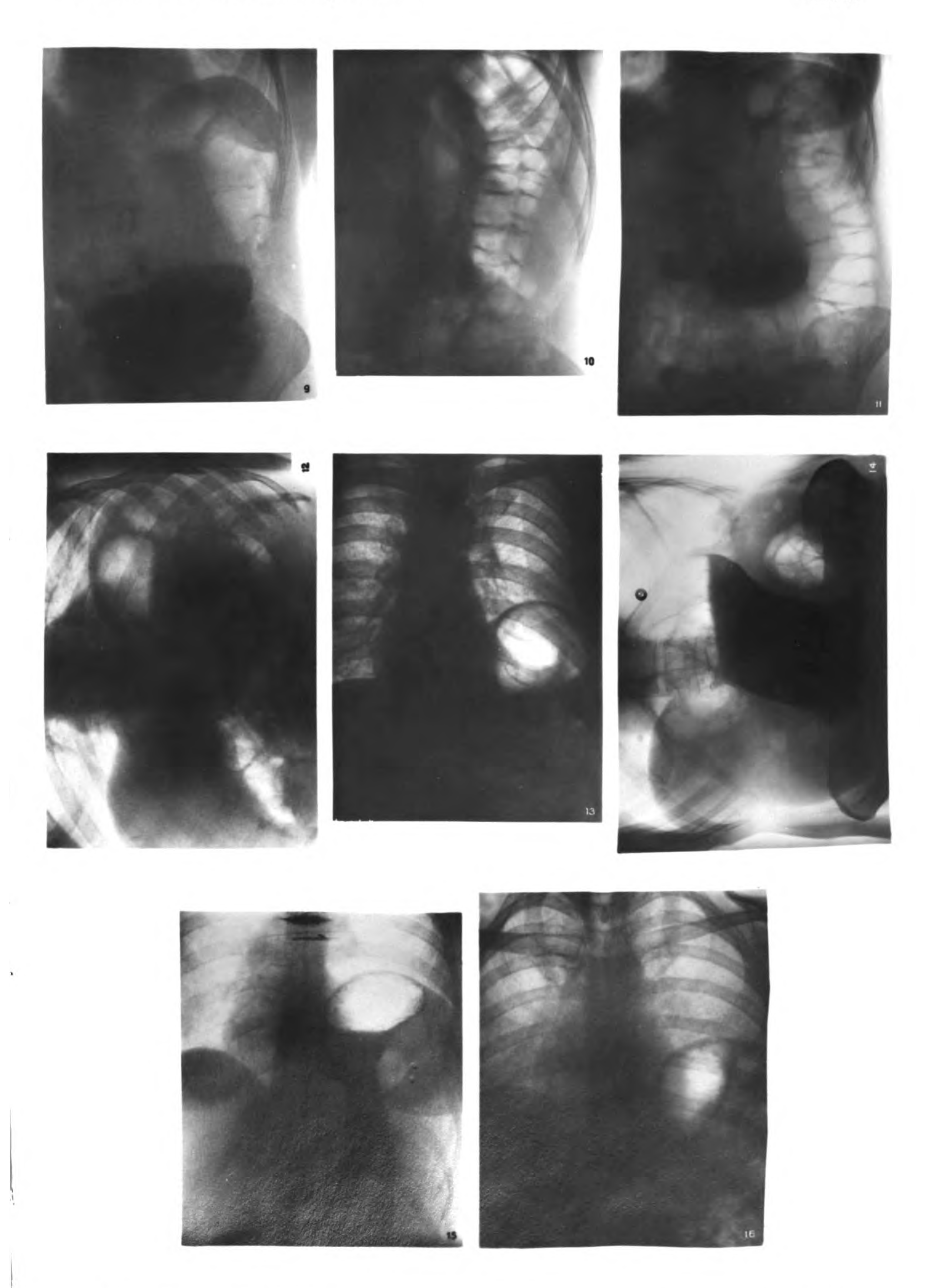
Russel H. Boggs-New York: **Die Röntgenbehandlung tuberkulöser Drüsen.** Die operative Behandlung tuberkulöser Drüsen ist häufig wegen der Ausdehnung des Leidens, der Lage der Drüsen, wegen der Rezidive usw. nicht möglich. Die Röntgenbestrahlung führt in 90 % der Fälle zur Heilung; dabei bessert sich in auffallender Weise der Allgemeinzustand, und es findet Rückbildung nicht bestrahlter, tuberkulöser Affektionen statt. B. ist der Meinung, daß durch die Zerstörung des tuberkulösen Gewebes autogene Vakzine frei werden, die dem Tuberkulin überlegen sind. So soll insbesonders die günstige Wirkung der Drüsenbestrahlung auf eine bestehende offene Lungentuberkulose dadurch bedingt sein. Ein chirurgisches Eingreifen kommt nach der Röntgenbehandlung nur zur Inangriffnahme bestehenbleibender Fisteln in Frage. Je früher man bestrahlt, um so eher läßt sich die Eiterung mit ihren unangenehmen und entstellenden Folgeerscheinungen vermeiden. — Man braucht keine massiven Dosen zu verabfolgen, wie bei malignen Tumoren und bestrahlt besser vorsichtig, wiederholt. (Durch Anwendung der Coolidgeröhre ist die Behandlung wesentlich vereinfacht.) Carl Klieneberger.

Druck von Hesse & Becker in Leipzig.

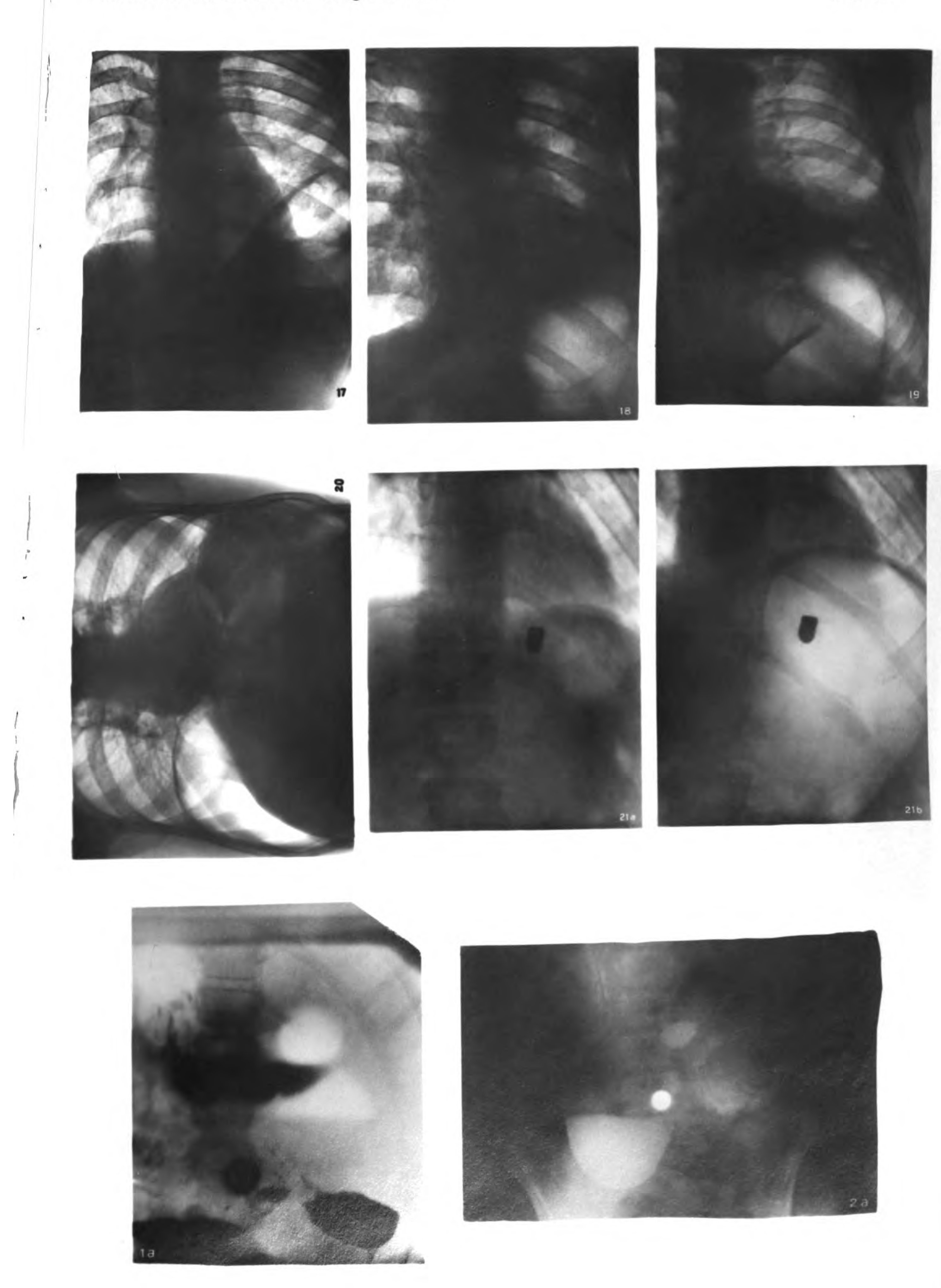


Neue Photographische Gesellschaft A.-G. Berlin-Steglitz.

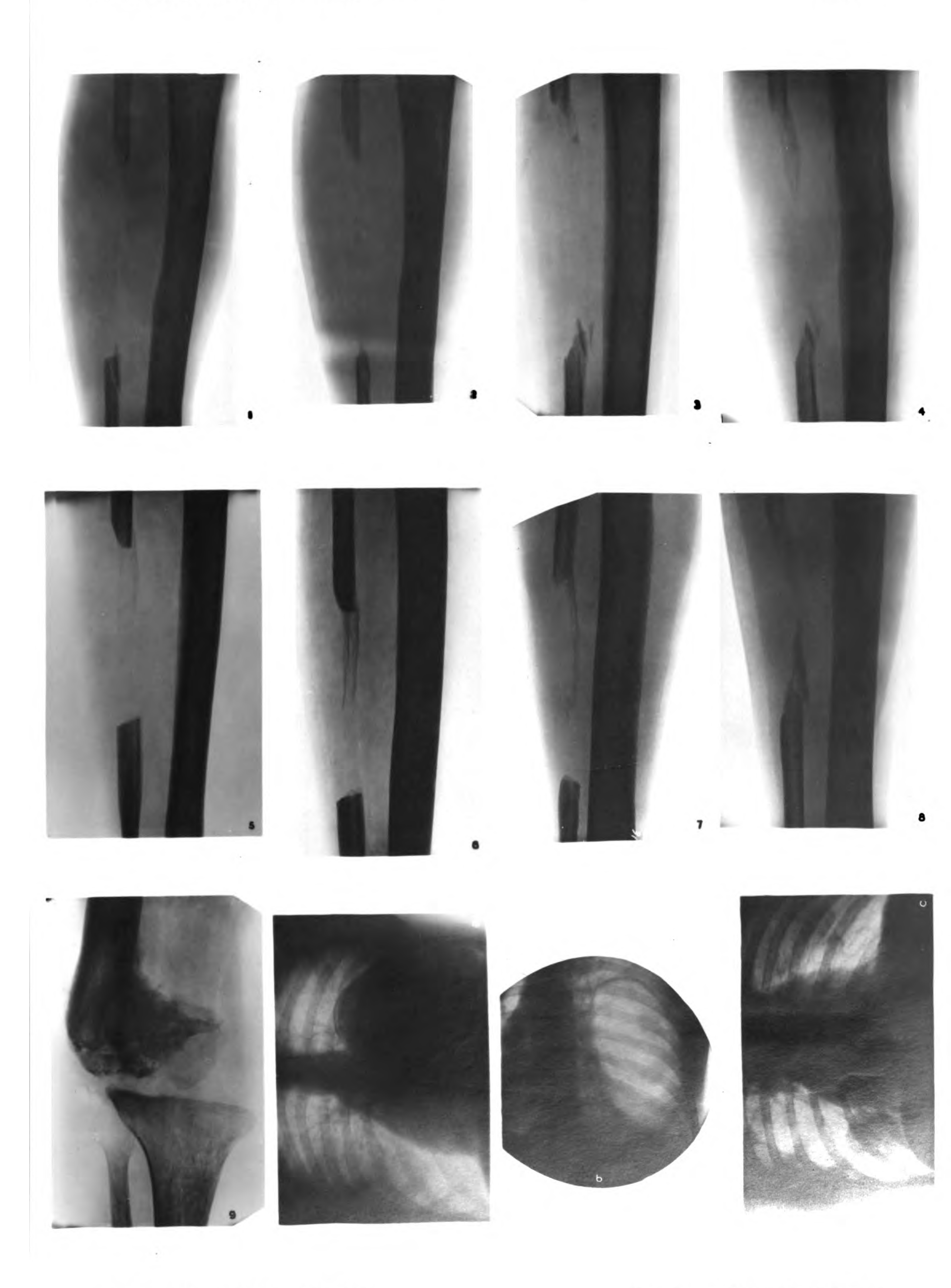
Verlag von Lucas Gräfe & Sillem in Hamburg.



Neue Photographische Gesellschaft A.-G. Berlin-Steglitz. Verlag von Lucas Gräfe & Sillem in Hamburg.



Neue Photographische Gesellschaft A.-G. Berlin-Steglitz.
Verlag von Lucas Gräfe & Sillem in Hamburg



Neue Photographische Gesellschaft A.-G. Berlin-Steglitz.

Verlag von Lucas Gräfe & Sillem in Hamburg.



Neue Photographische Gesellschaft A.-G. Berlin-Steglitz.

Verlag von Lucas Gräfe & Sillem in Hamburg.

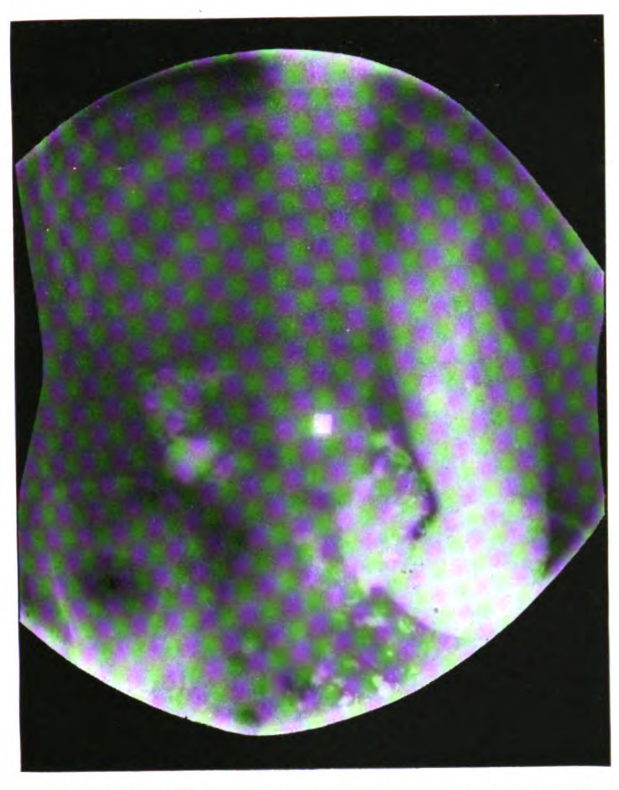


Fig. 1. Röntgenbild der Magengegend, 10 Min. nach der R.-Mahlzeit. Pars sup. duodeni ist leer; Pars descend. enthält eine kleine Quantität und das Divertikel ist unmittelbar oberhalb der Crista ilei dx. zu sehen. (Bauchlage.)



Fig. 2. Röntgenbild in Bauchlage, 4 St. nach der R.-Mahlzeit. Das Divertikel erscheint ungefähr auf derselben Stelle wie auf dem vorigen Bilde, jetzt mehr ausgespannt. Der Magen ist leer.

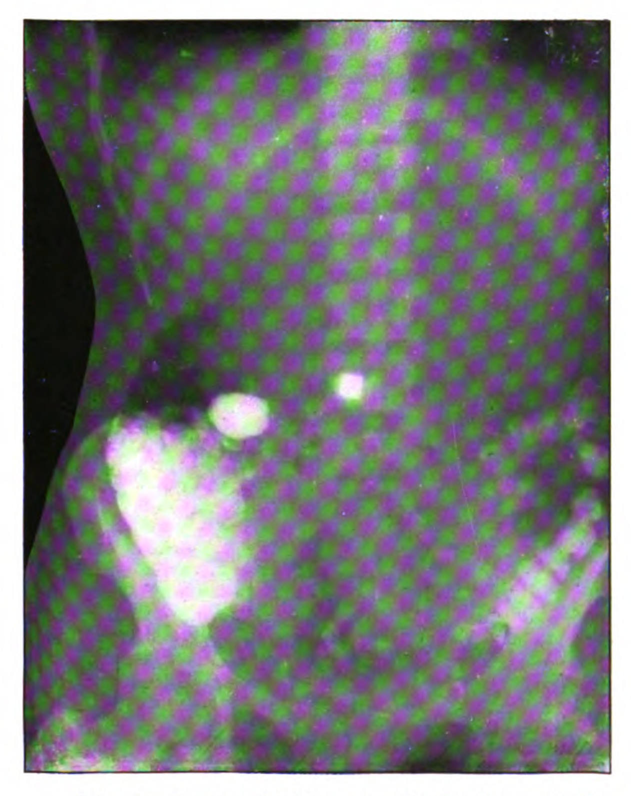


Fig. 3. Röntgenbild in stehender Stellung, 23 St. nach der R.-Mahlzeit. Das Divertikel tritt medial von dem Schatten des Colon asc. hervor.



Fig. 4. Röntgenbild in stehender Stellung, 46 St. nach der R.-Mahlzeit. Der Divertikelschatten ist sichtbar gerade unterhalb dem viereckigen Schatten der Nabelmarke und unmittelbar oberhalb des Colon transversum.

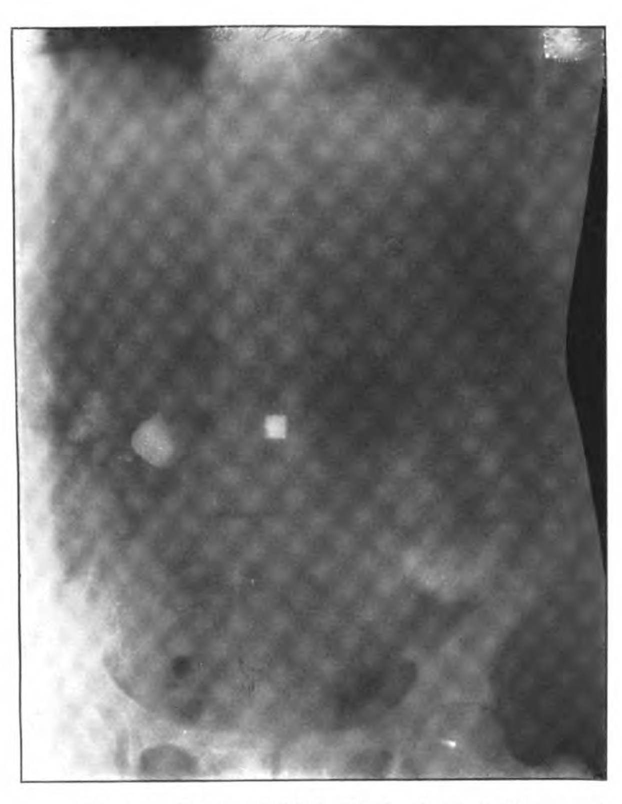


Fig. 5. Röntgenbild in Rückenlage, 4 Tage nach der R.-Mahlzeit, nachdem die Patientin einen Einlauf erhalten hatte. Der Divertikelschatten befindet sich rechts von dem IV. Lendenwirbel.



Fig. 6. Bleistiftzeichnung des exstirpierten Divertikels. Natürliche Größe.



Fig. 7. Orthodiagramm von verschiedenen Lagen des Divertikels bei Rückenlage.

Die Lagen 1, 2 und 4 sind durch manuelle Verschiebung zustande gebracht.

Auch die Lagen bei tiefer Inspiration (3 Insp.) wie bei tiefer Exspiration (3 Exsp.) sind orthodiagraphisch eingezeichnet.

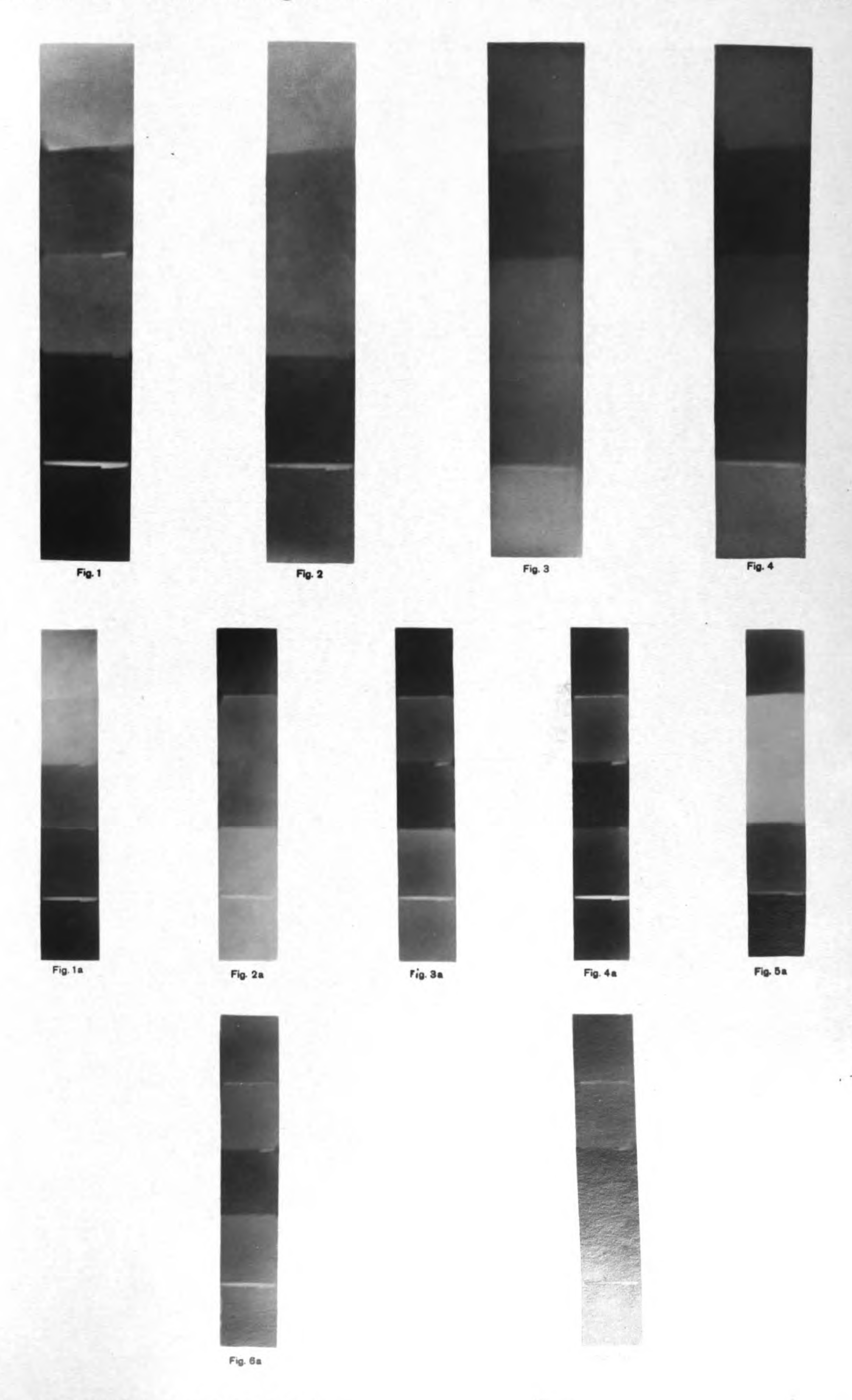


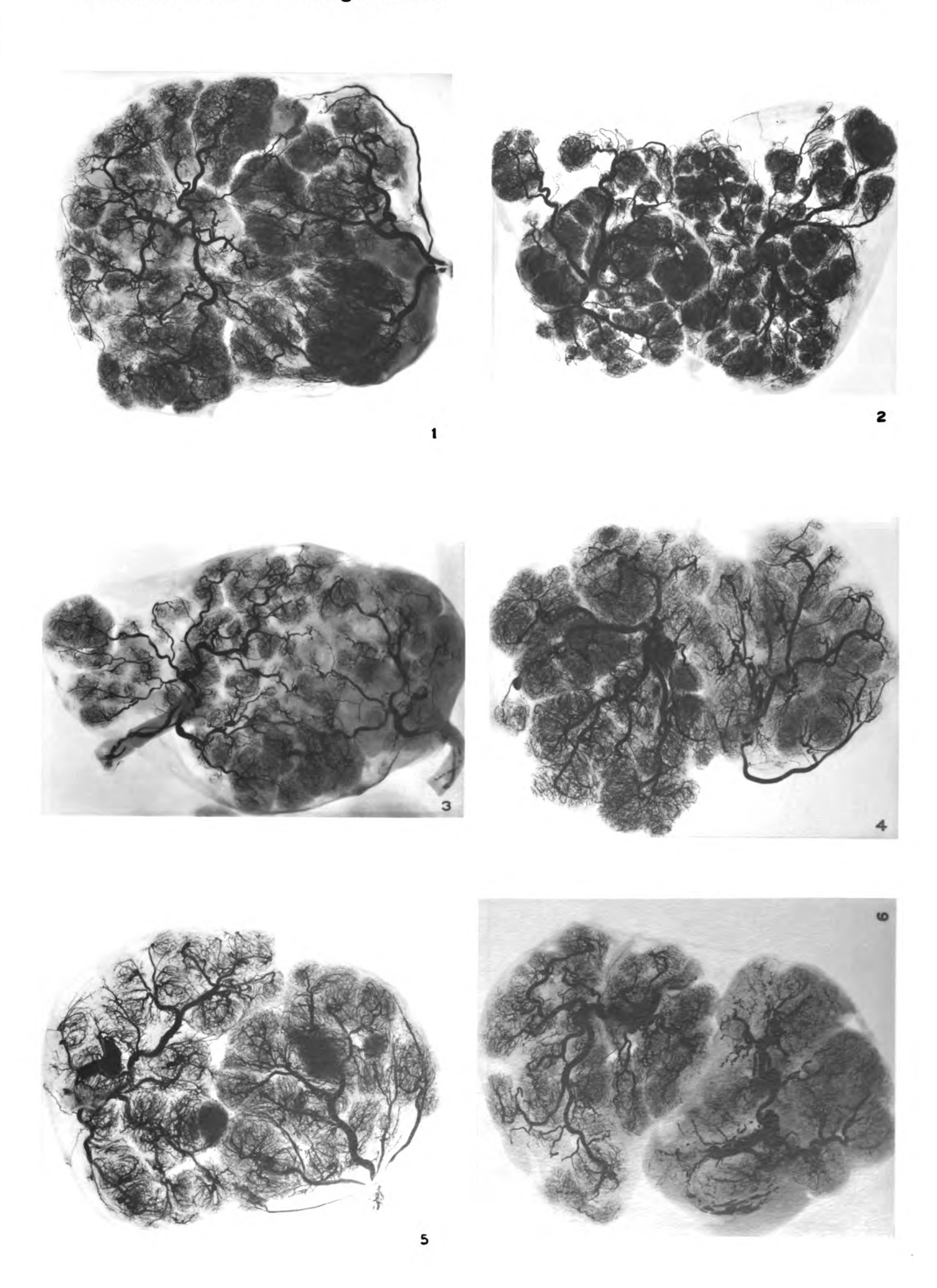
Fig. 1 Fig. 2 Fig. 3 Fig. 4

Fig. 1a Fig. 2a Fig. 3a Fig. 4a Fig. 5a

Fig. 6a

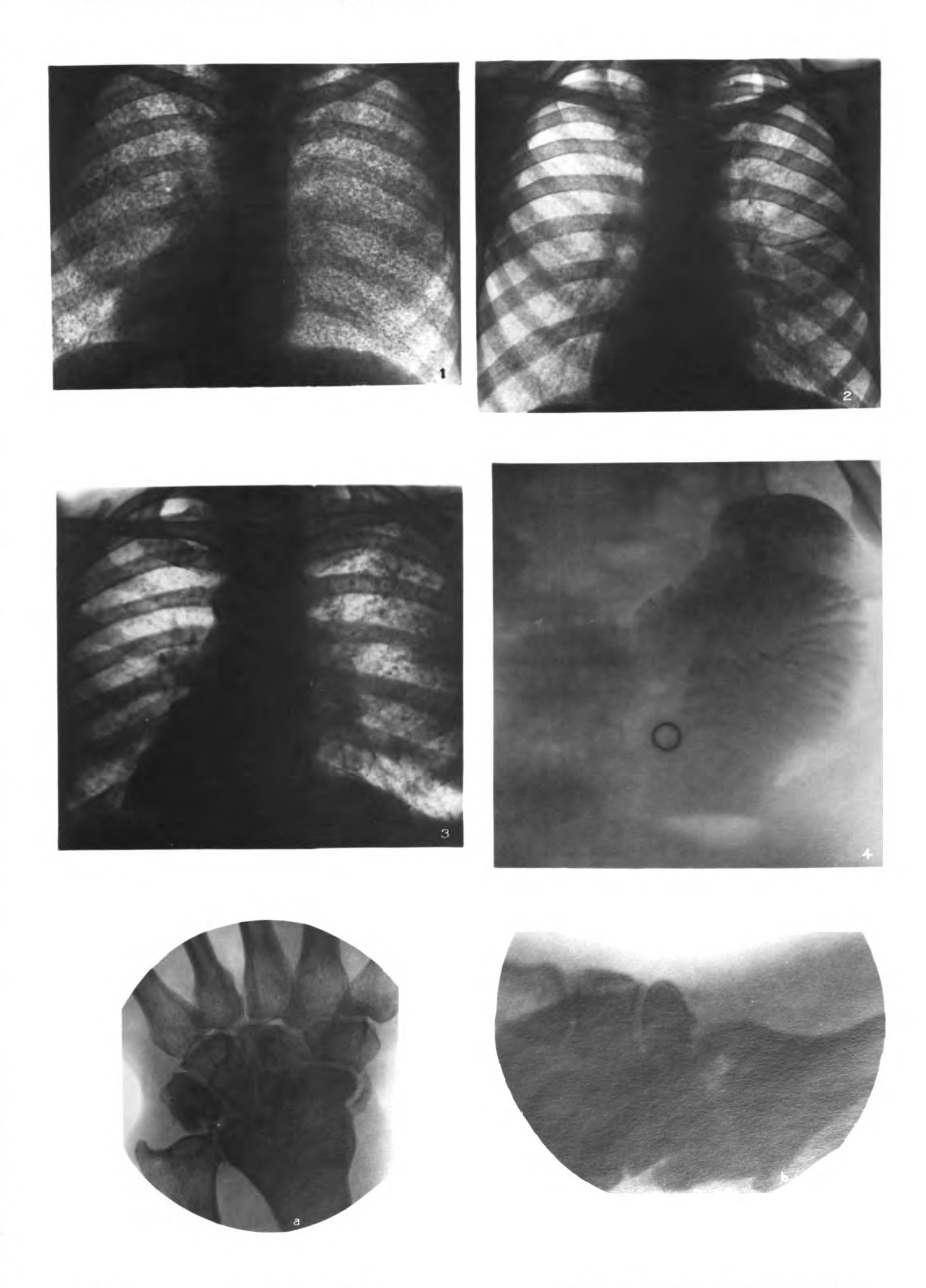
Neue Photographische Gesellschaft A.-G. Berlin-Steglitz.



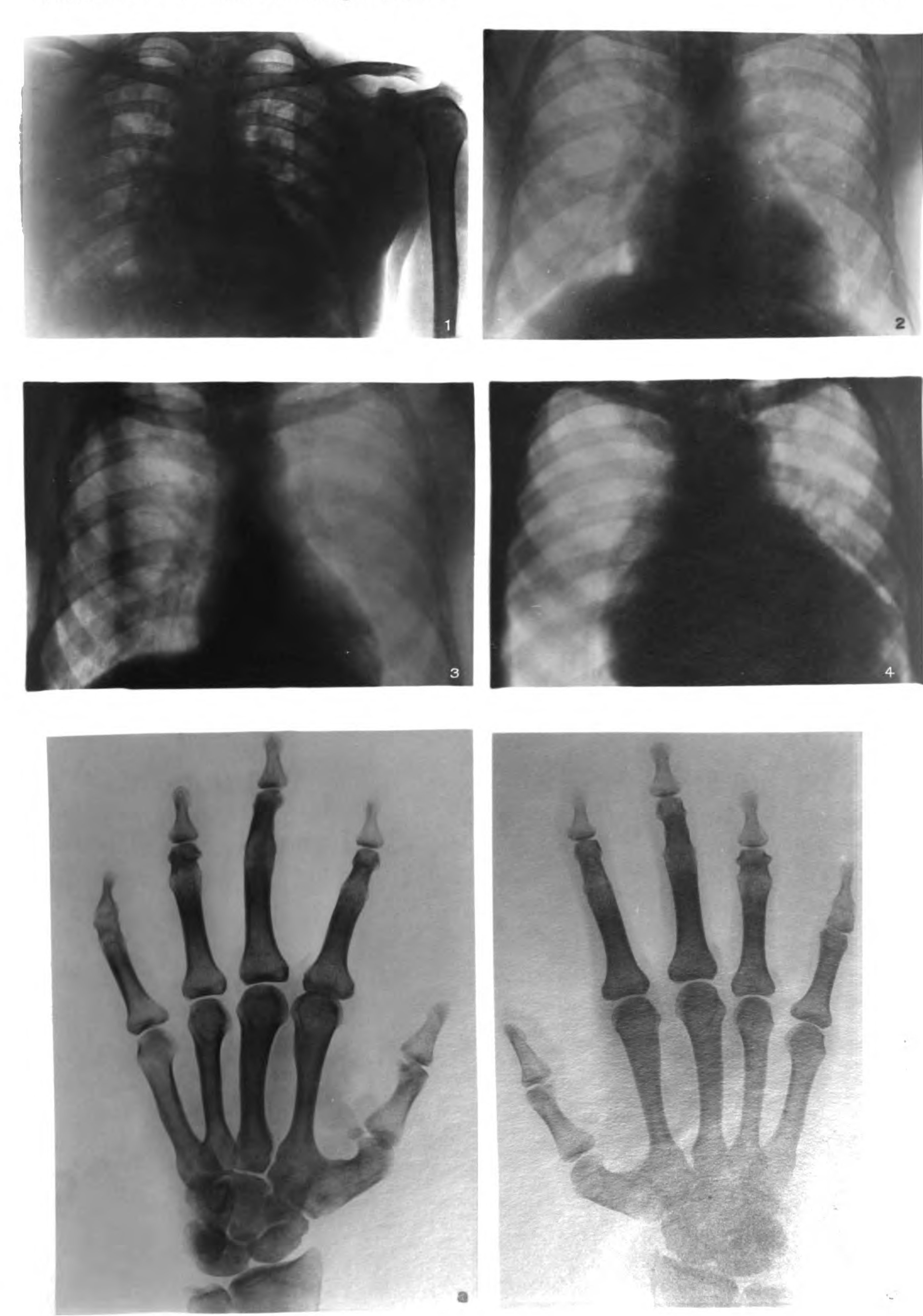


Neue Photographische Gesellschaft A.-G. Berlin-Steglitz.

Verlag von Lucas Gräfe & Sillem in Hamburg.

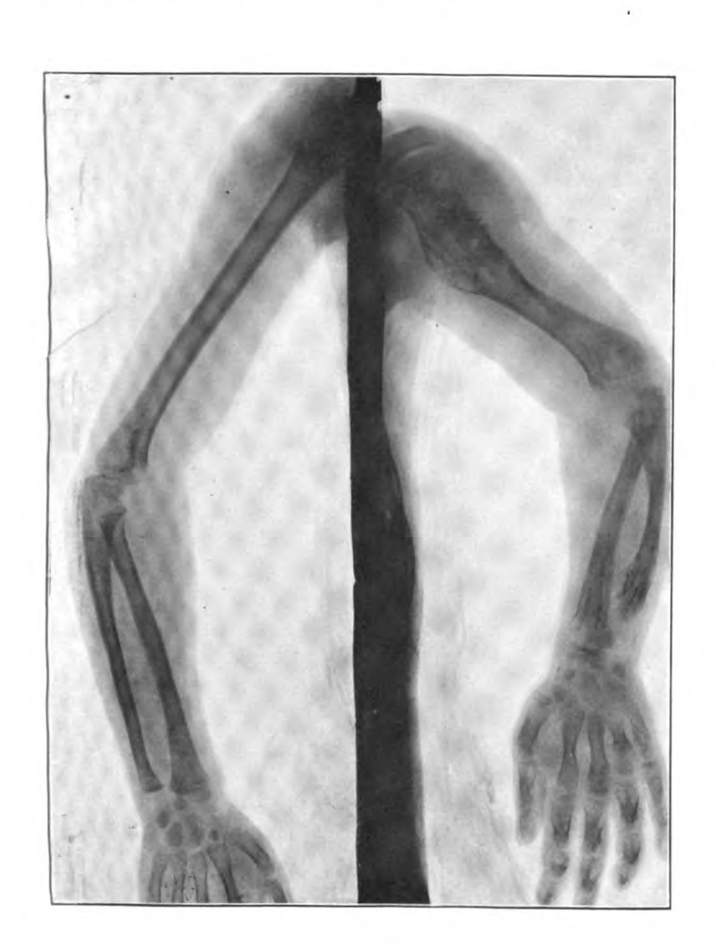


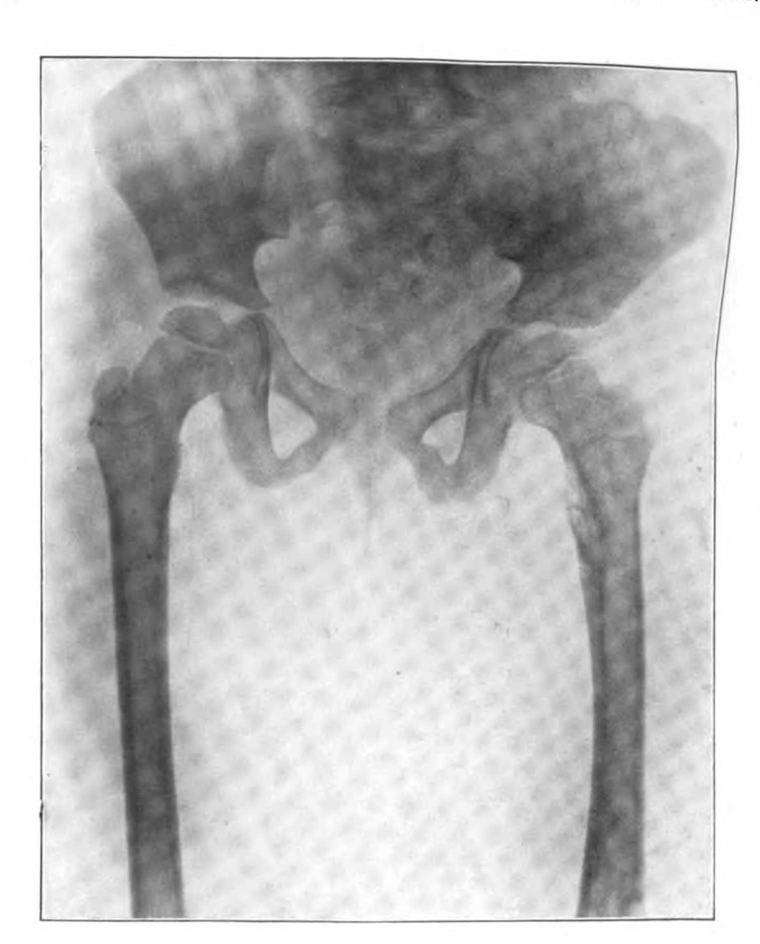
Neue Photographische Gesellschaft A.-G. Berlin-Steglitz.
Verlag von Lucas Gräfe & Sillem in Hamburg.



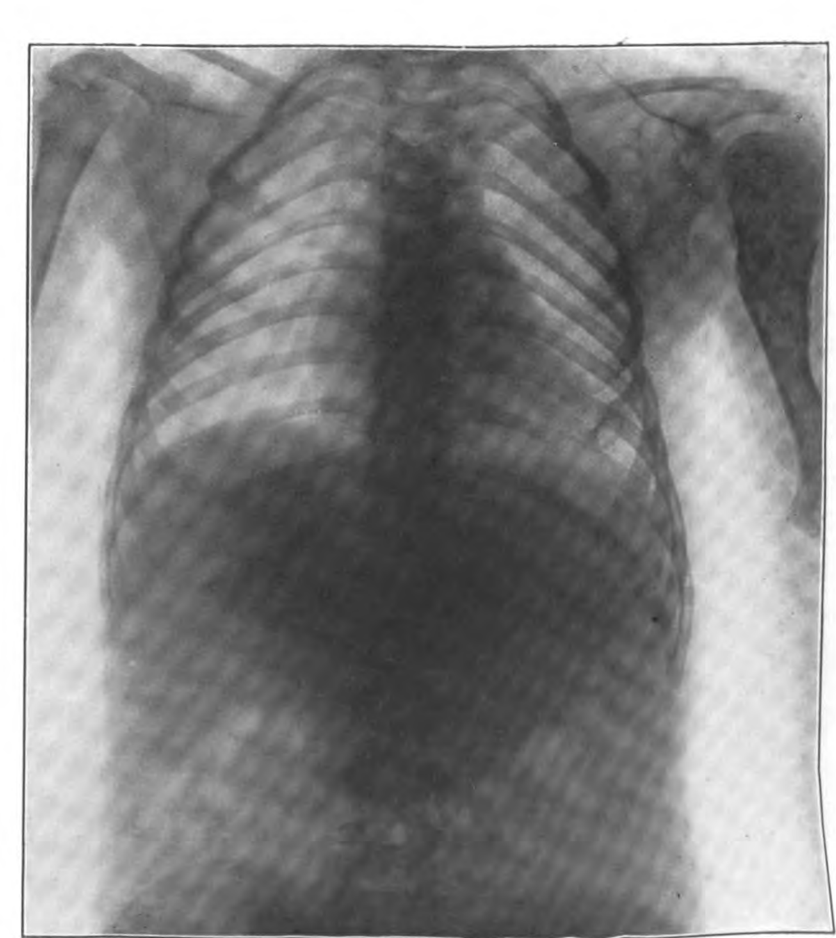
Neue Photographische Gesellschaft A.-G. Berlin-Steglitz.

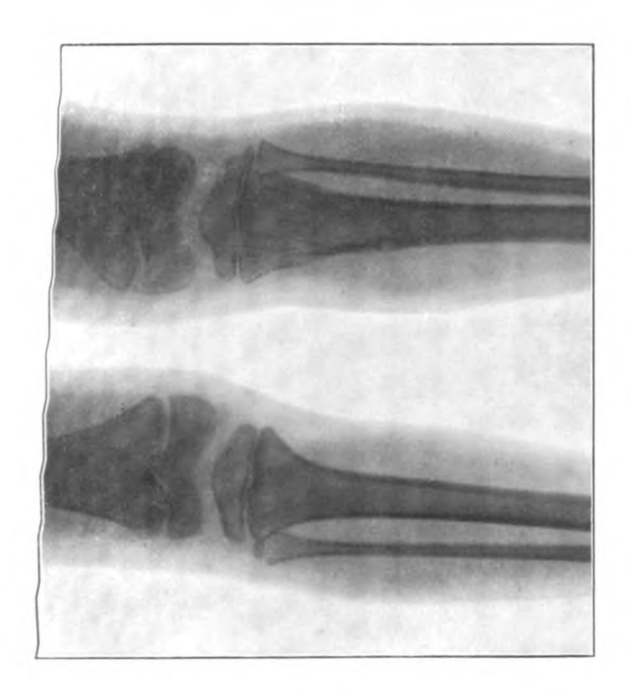
Verlag von Lucas Gräfe & Sillem in Hamburg.

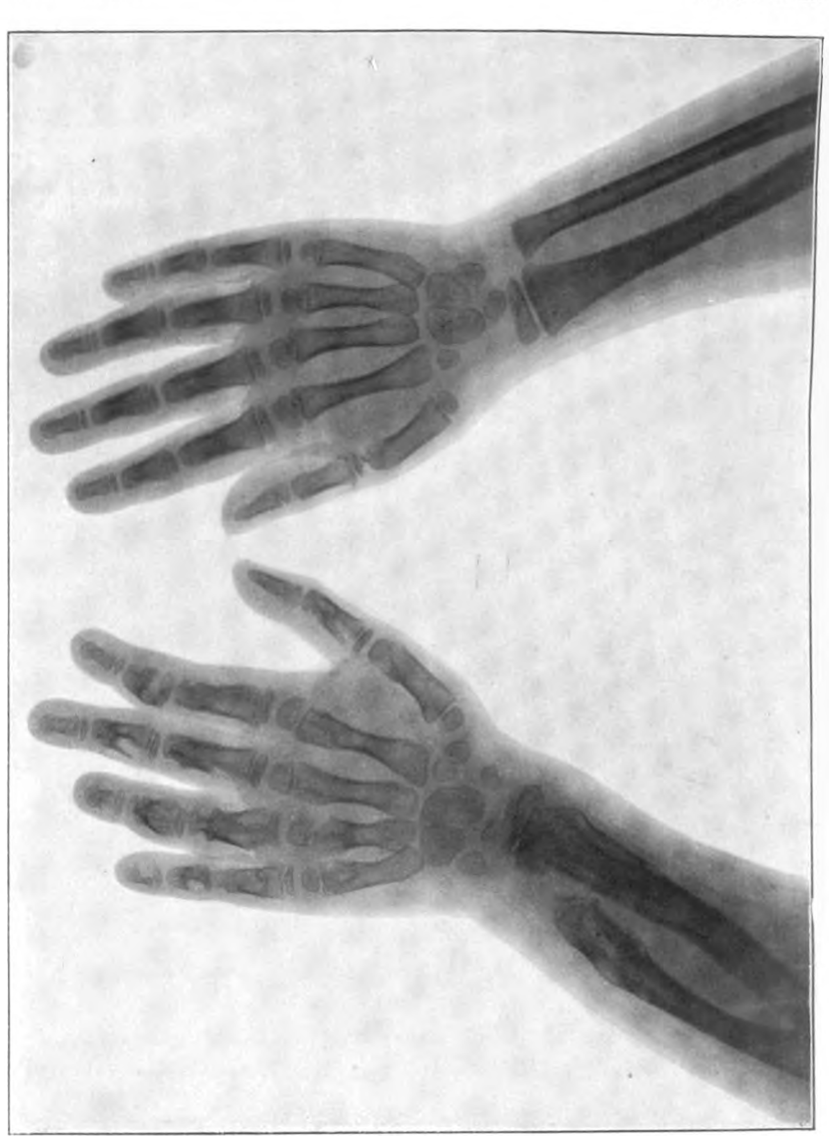


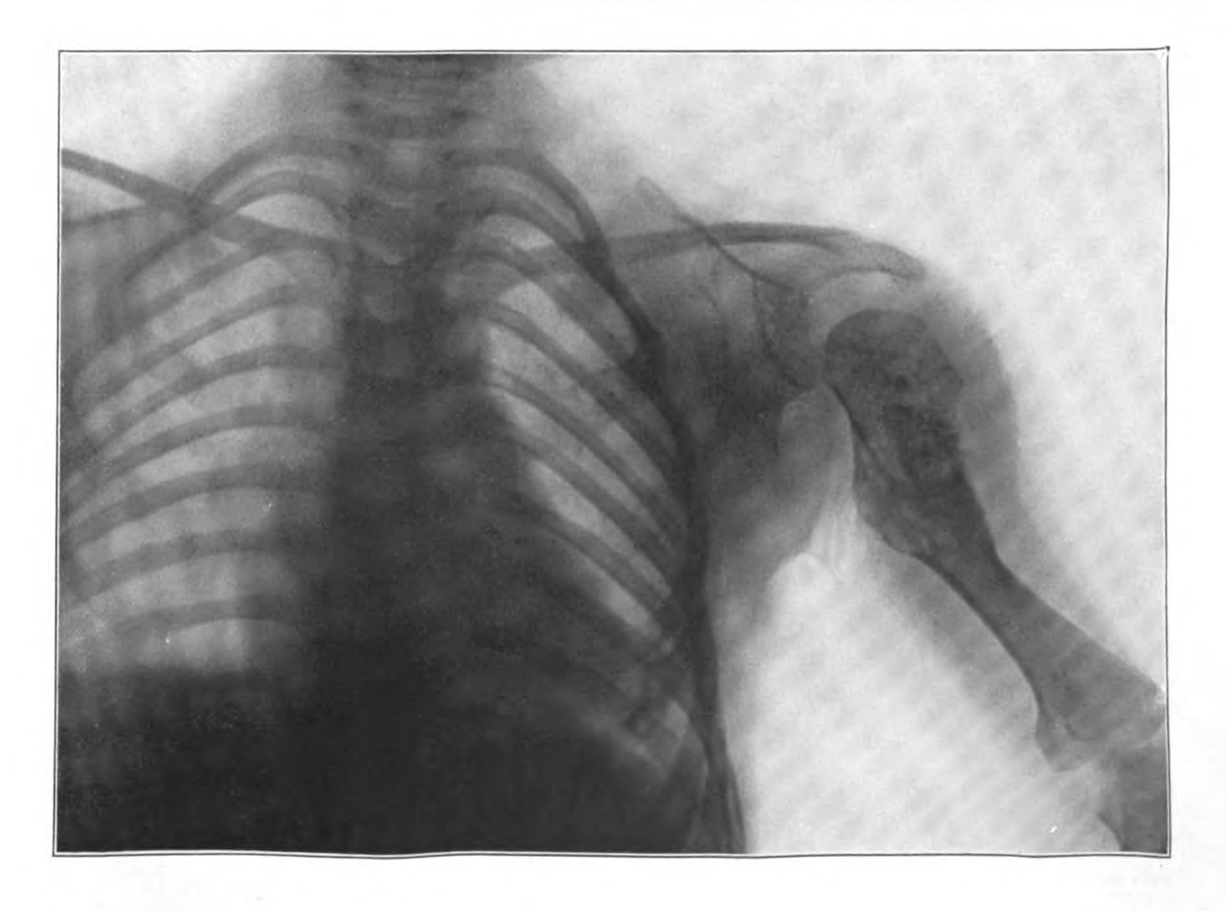






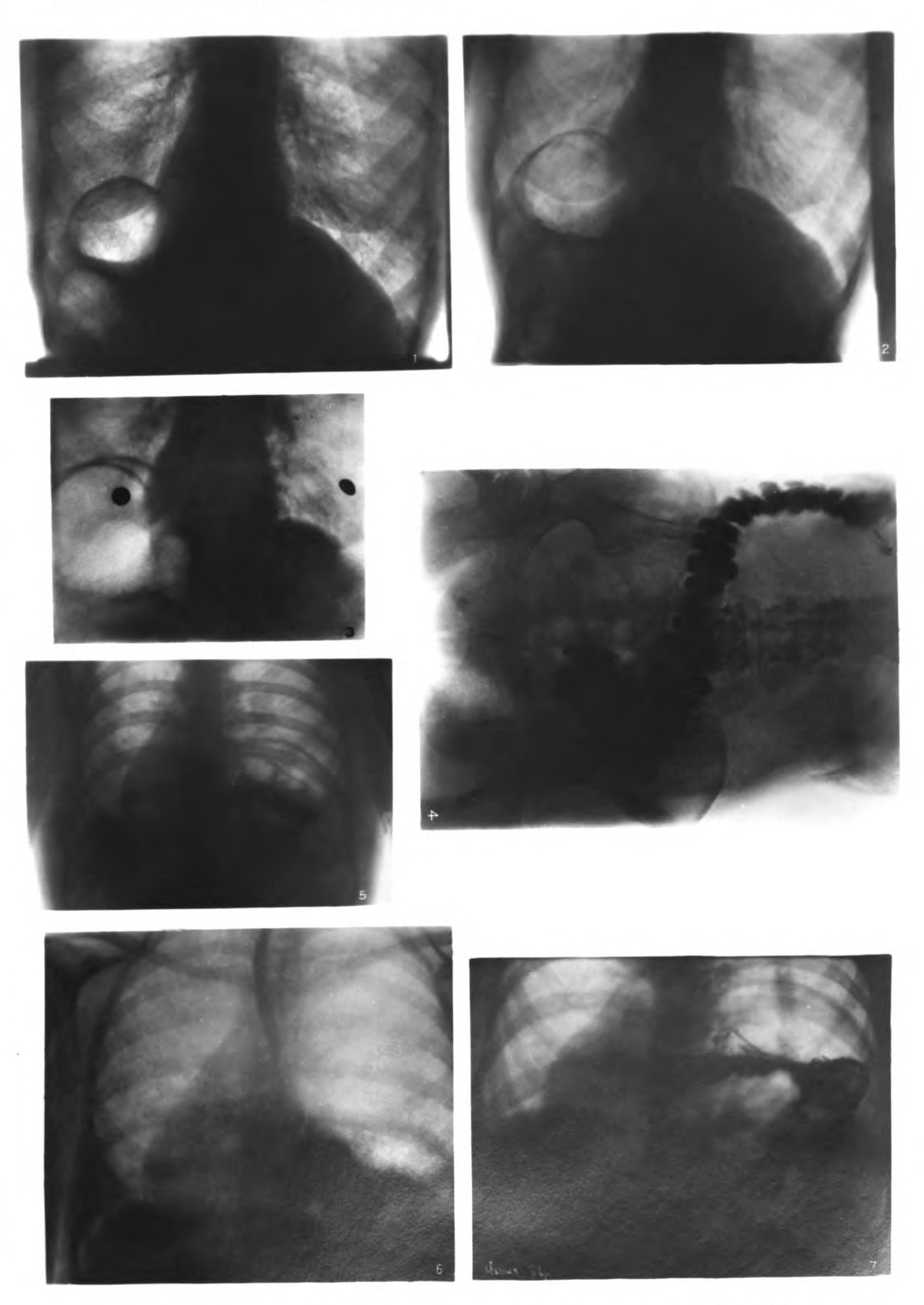




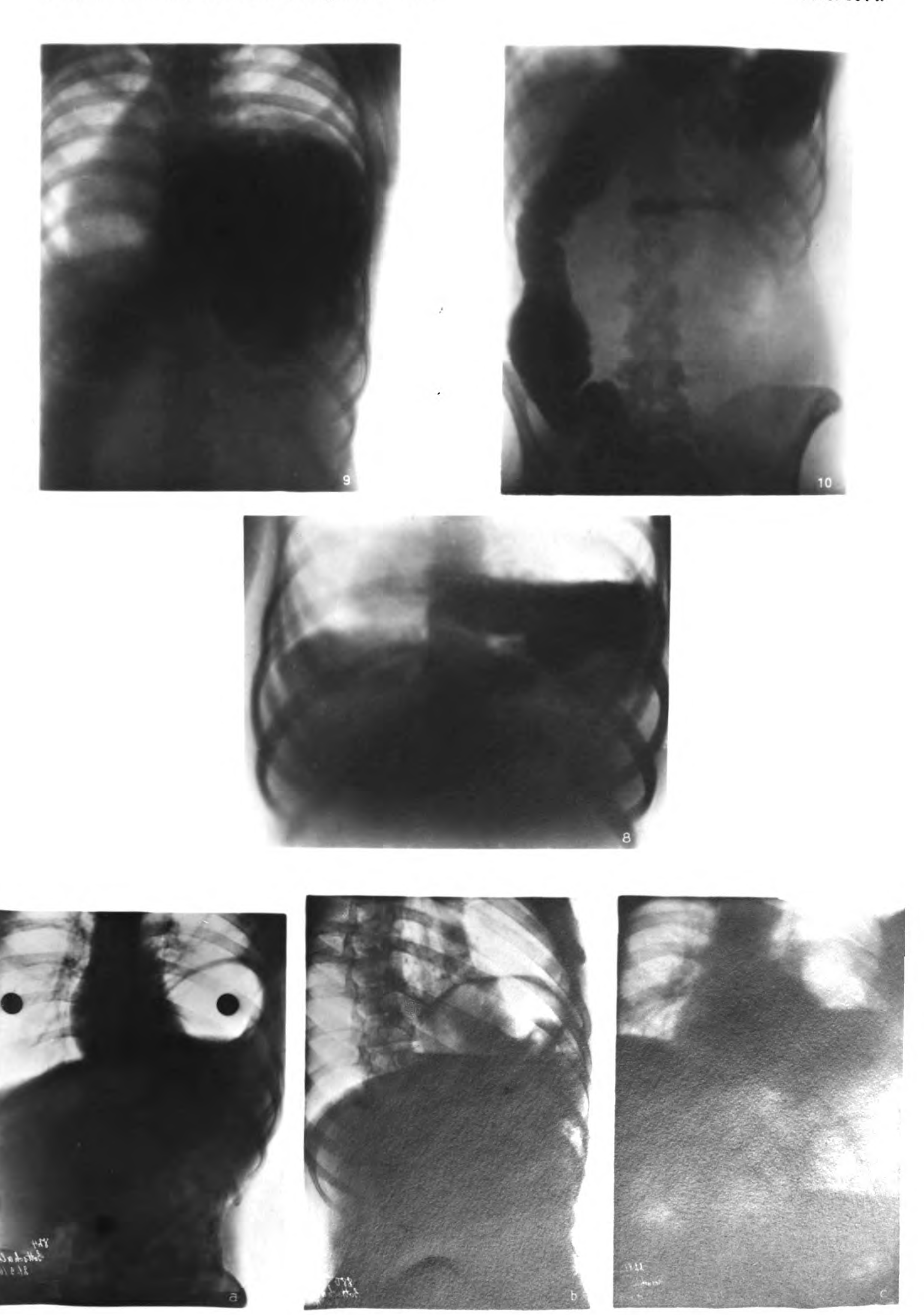




Neue Photographische Gesellschaft A.-G. Berlin-Steglitz. Verlag von Lucas Gräfe & Sillem in Hamburg.



Neue Photographische Gesellschaft A.-G. Berlin-Steglitz. Verlag von Lucas Gräfe & Sillem in Hamburg.



Neue Photographische Gesellschaft A.-G. Berlin-Steglitz. Verlag von Lucas Gräfe & Sillem in Hamburg.



Fig. a.



Fig. b.



Fig. c.



Fig. 1.



Fig. 2.



Fig. 3.



Fig. 4.

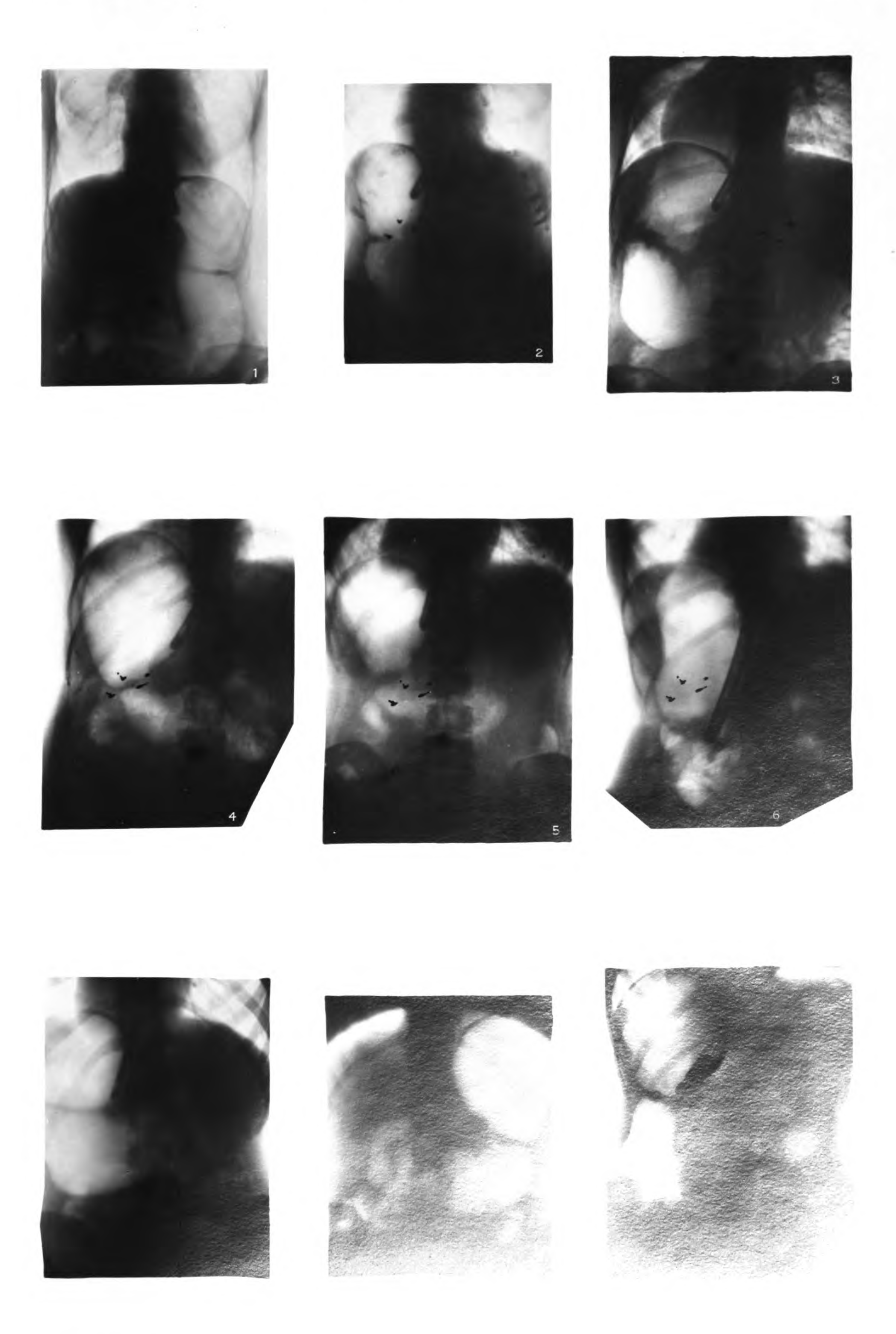


Fig. 5.



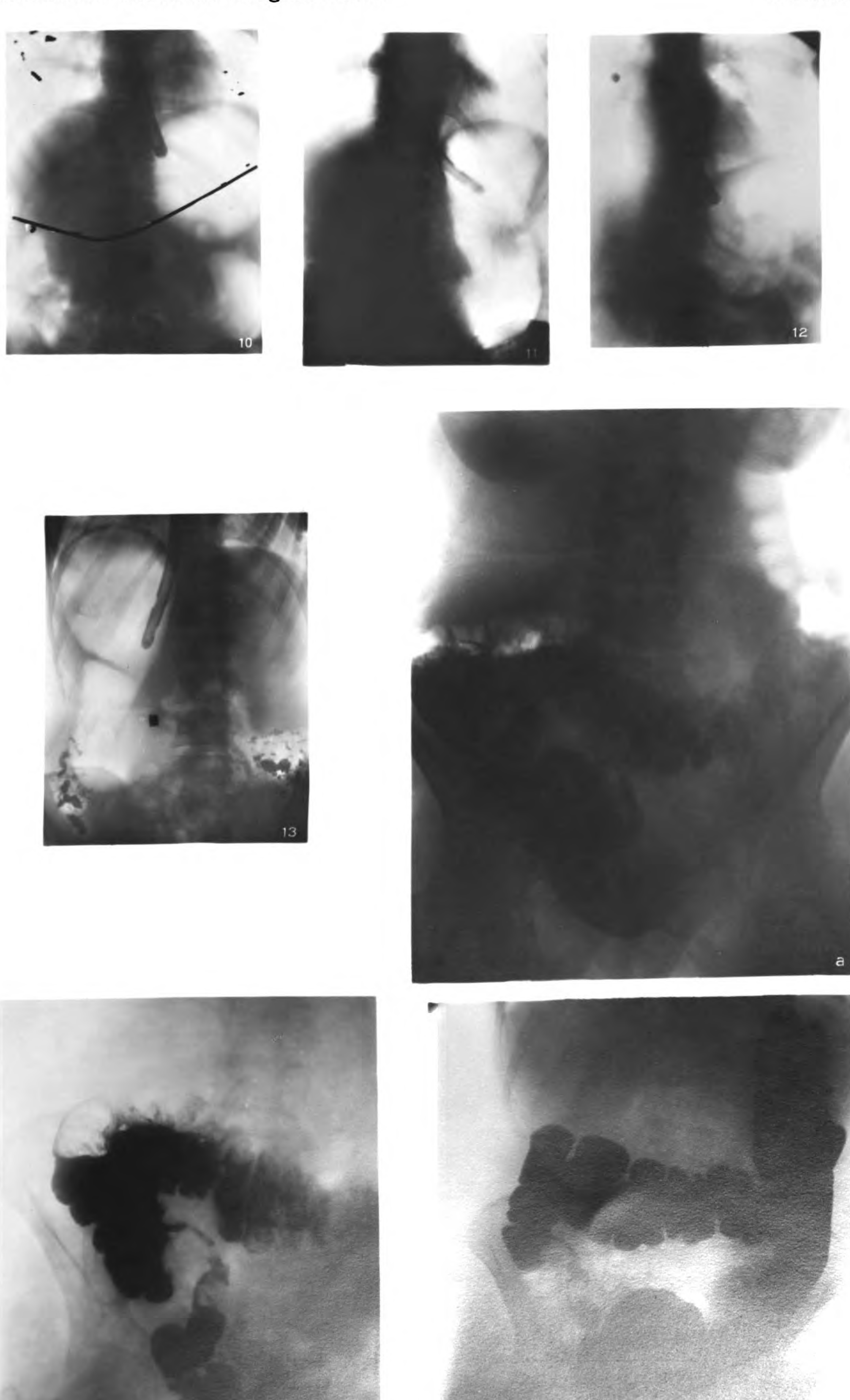
Fig. 6.



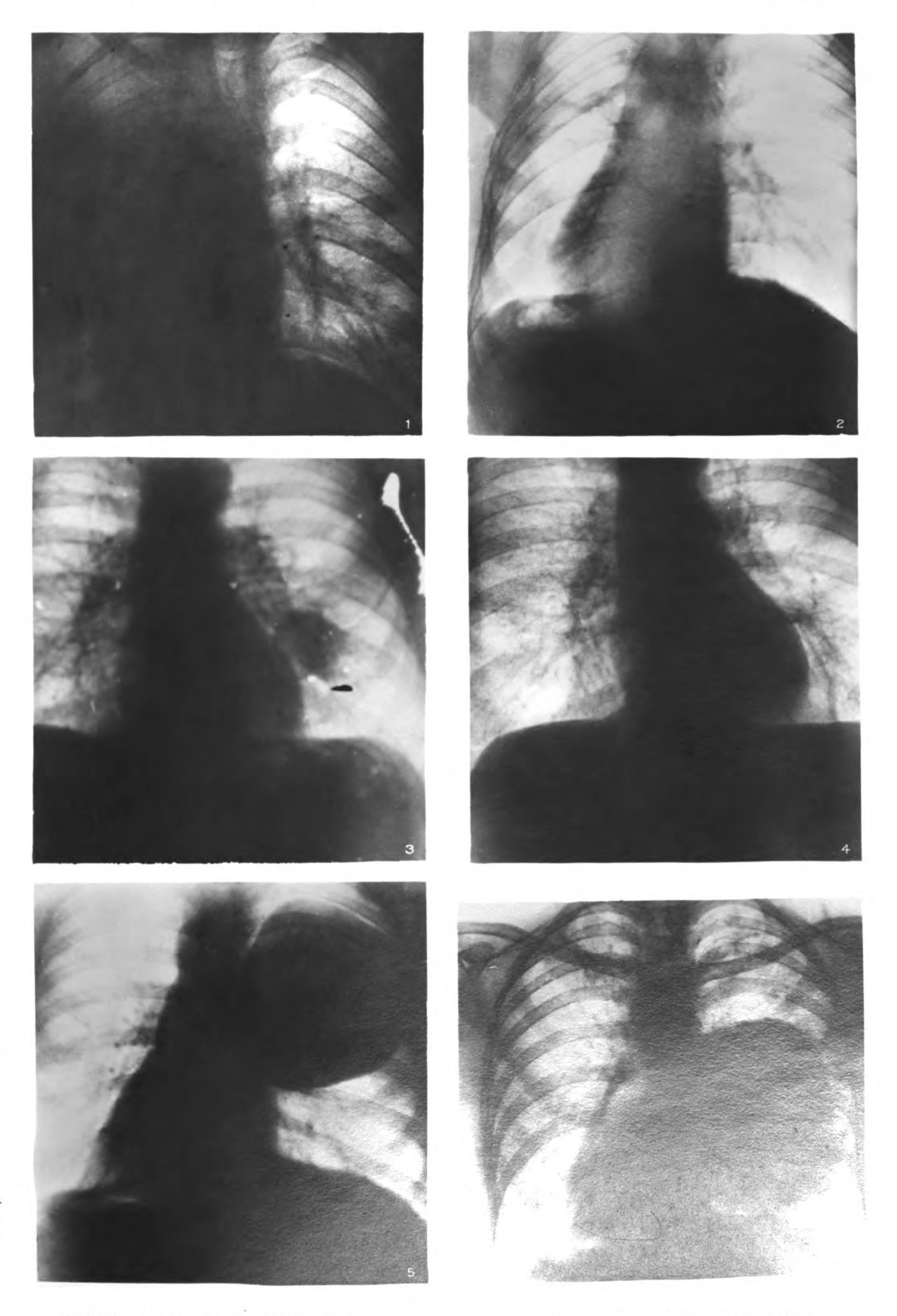


Neue Photographische Gesellschaft A.



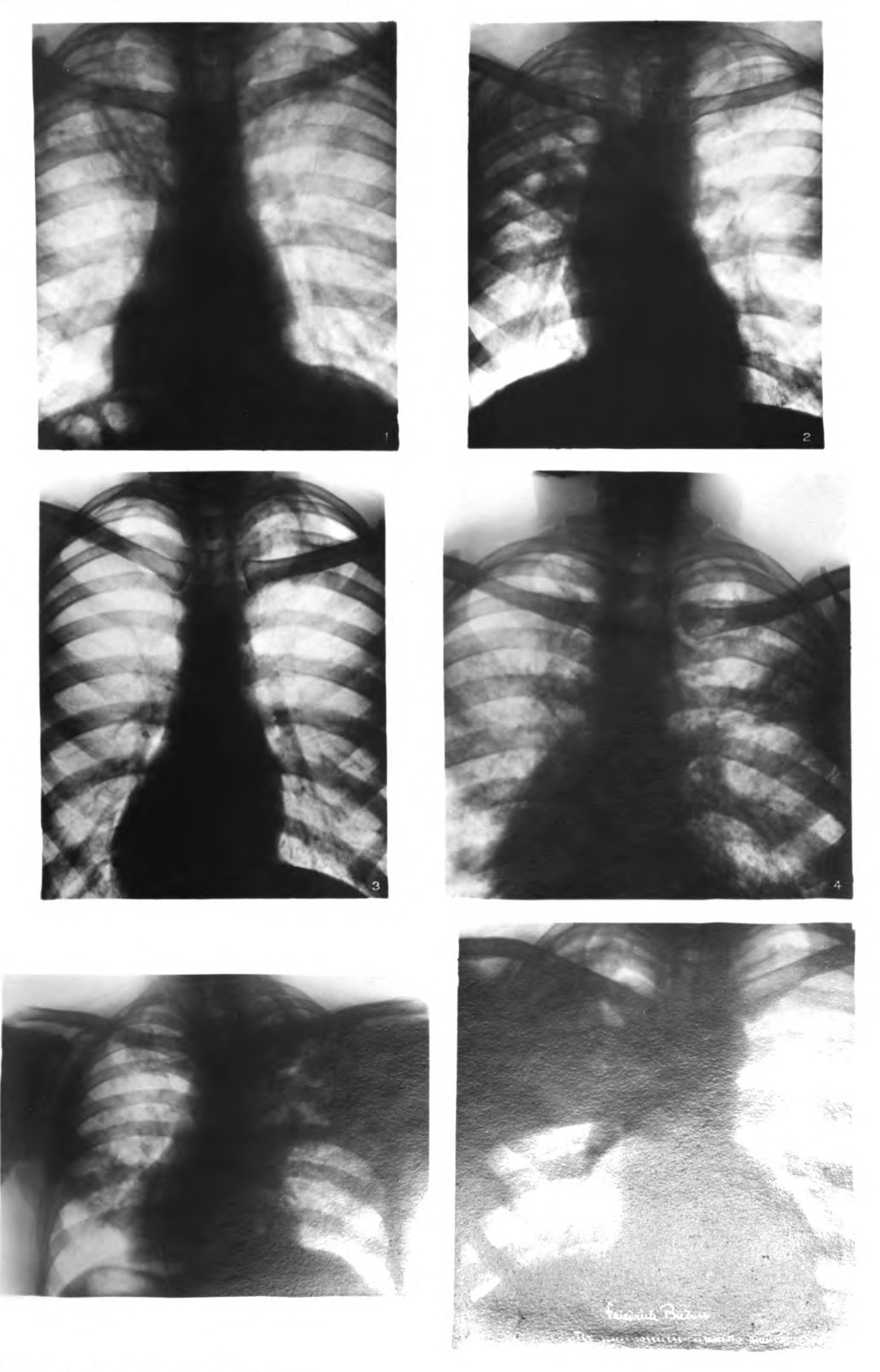


Neue Photographische Gesellschaft A.-G. Berlin-Steglitz

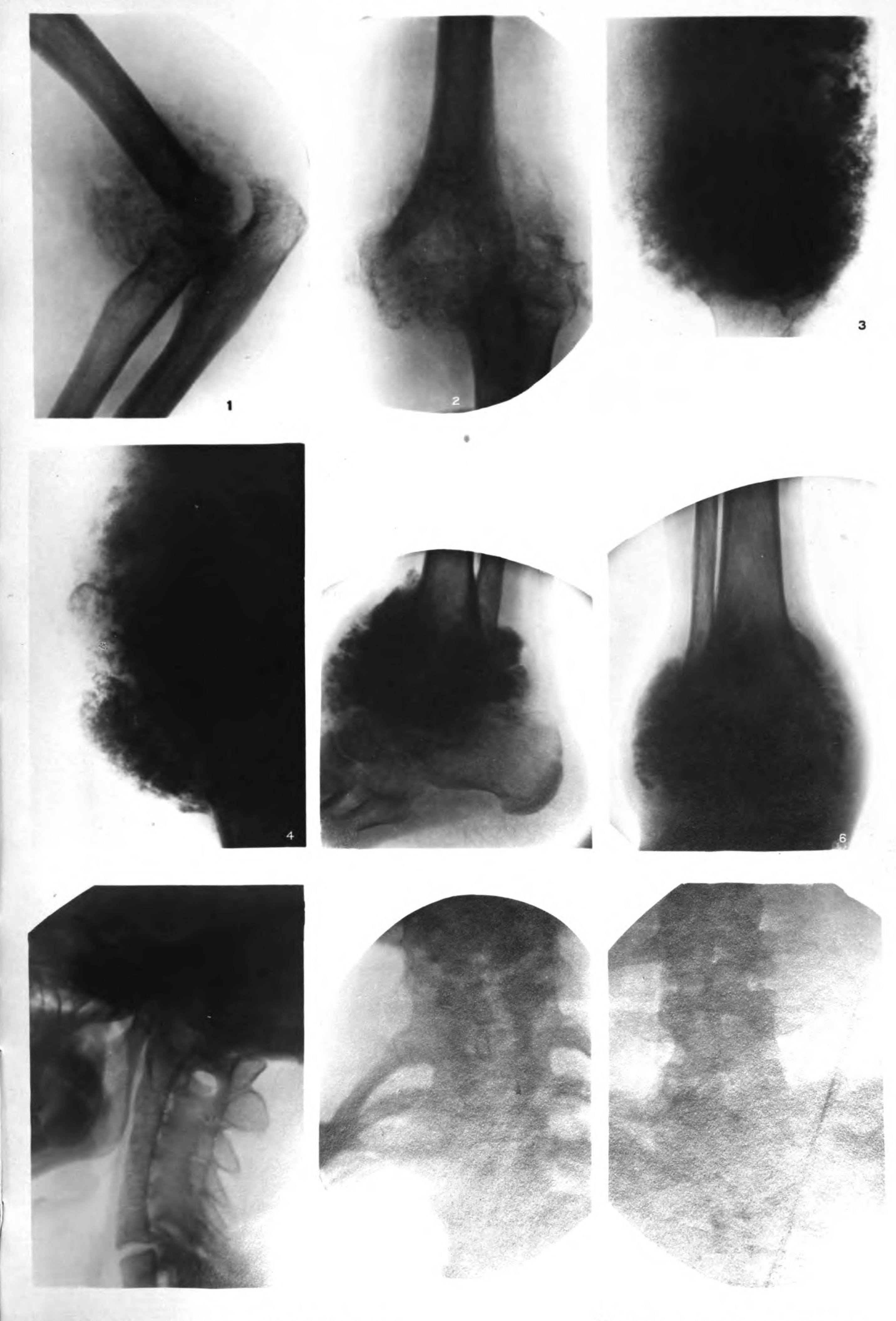


Neue Photographische Gesellschaft A.-G. Berlin-Steglitz.

Verlag von Lucas Gräfe & Sillem in Hamburg.



Neue Photographische Gesellschaft A.-G. Berlin

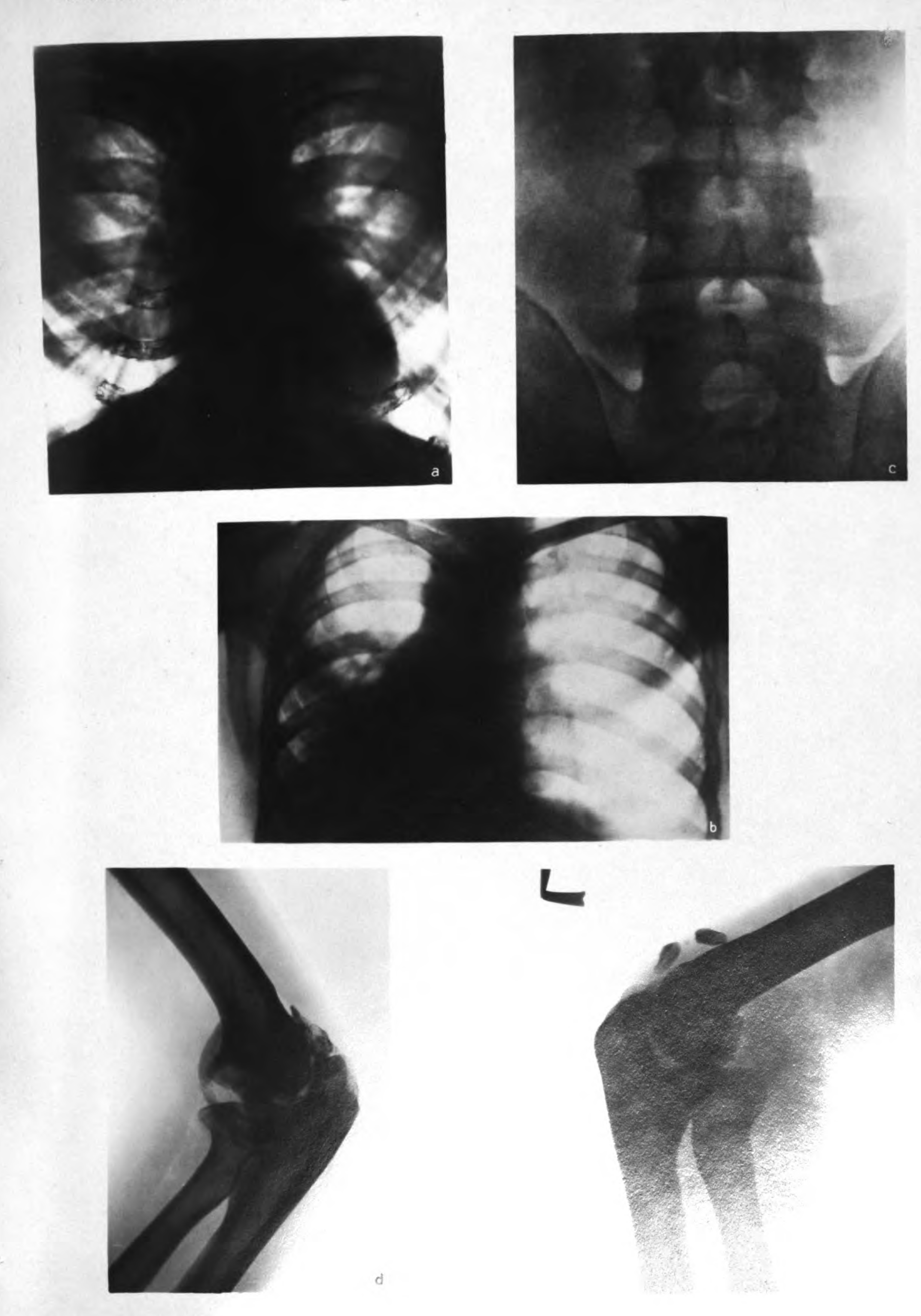


Neue Photographische Gesellschaft A.-G. Steglitz-Berlin. Verlag von Lucas Gräfe & Sillem in Hamburg.

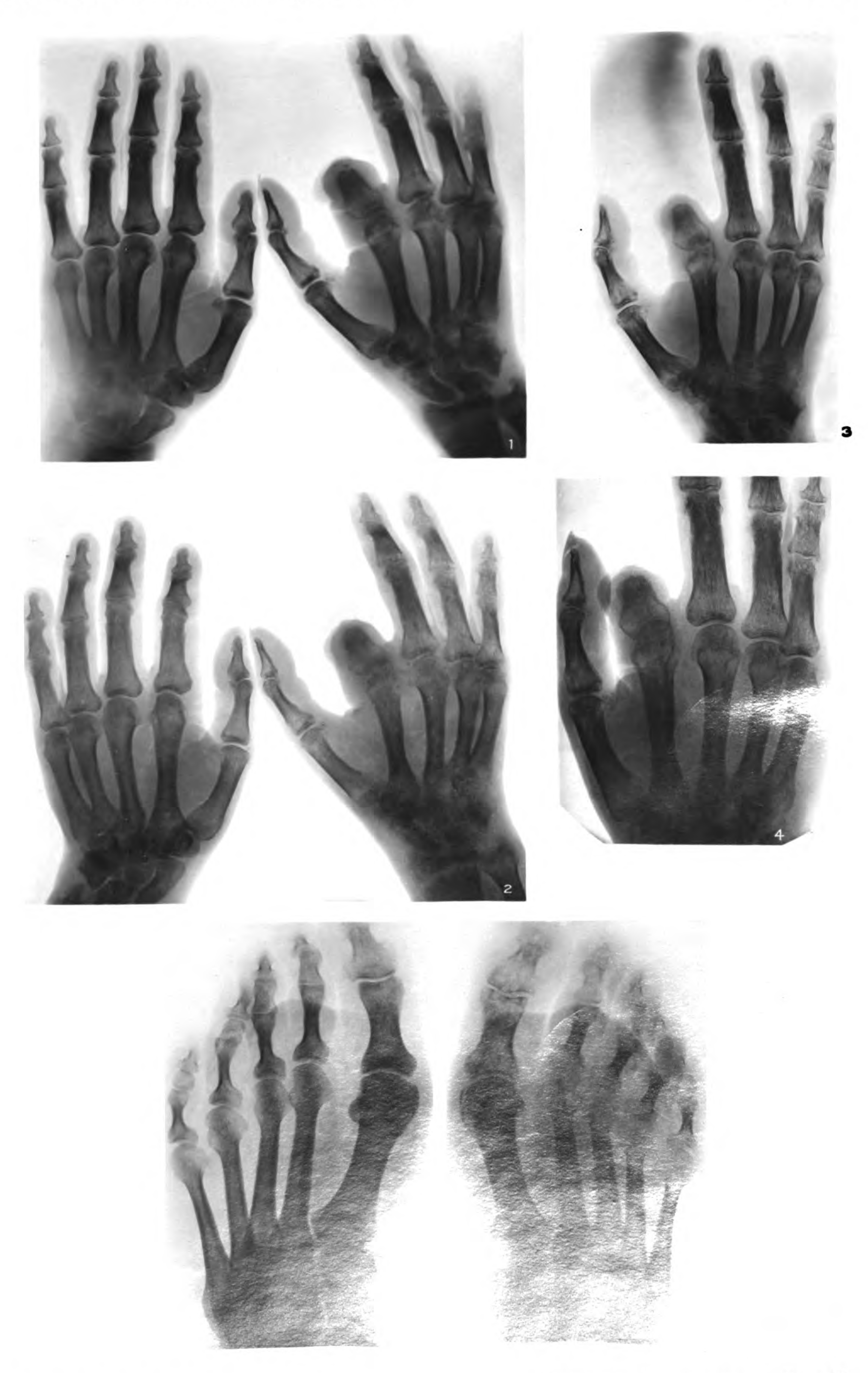


Neue Photographische Gesellschaft A.-G. Steglitz-Berlin.

Verlag von Lucas Gräfe & Sillem in Hamburg.



Neue Photographische Gesellschaft A.-G. Steglitz-Berlin. Verlag von ... burg



Neue Photographische Gesellschaft A.-G. Berlin-Steglitz.

Verlag von Lucas Gräfe & Sillem in Hamburg.









Neue Photographische Gesellschaft A.-G. Berlin-Steglitz.

Verlag von Lucas Gräfe & Sillem in Hamburg.



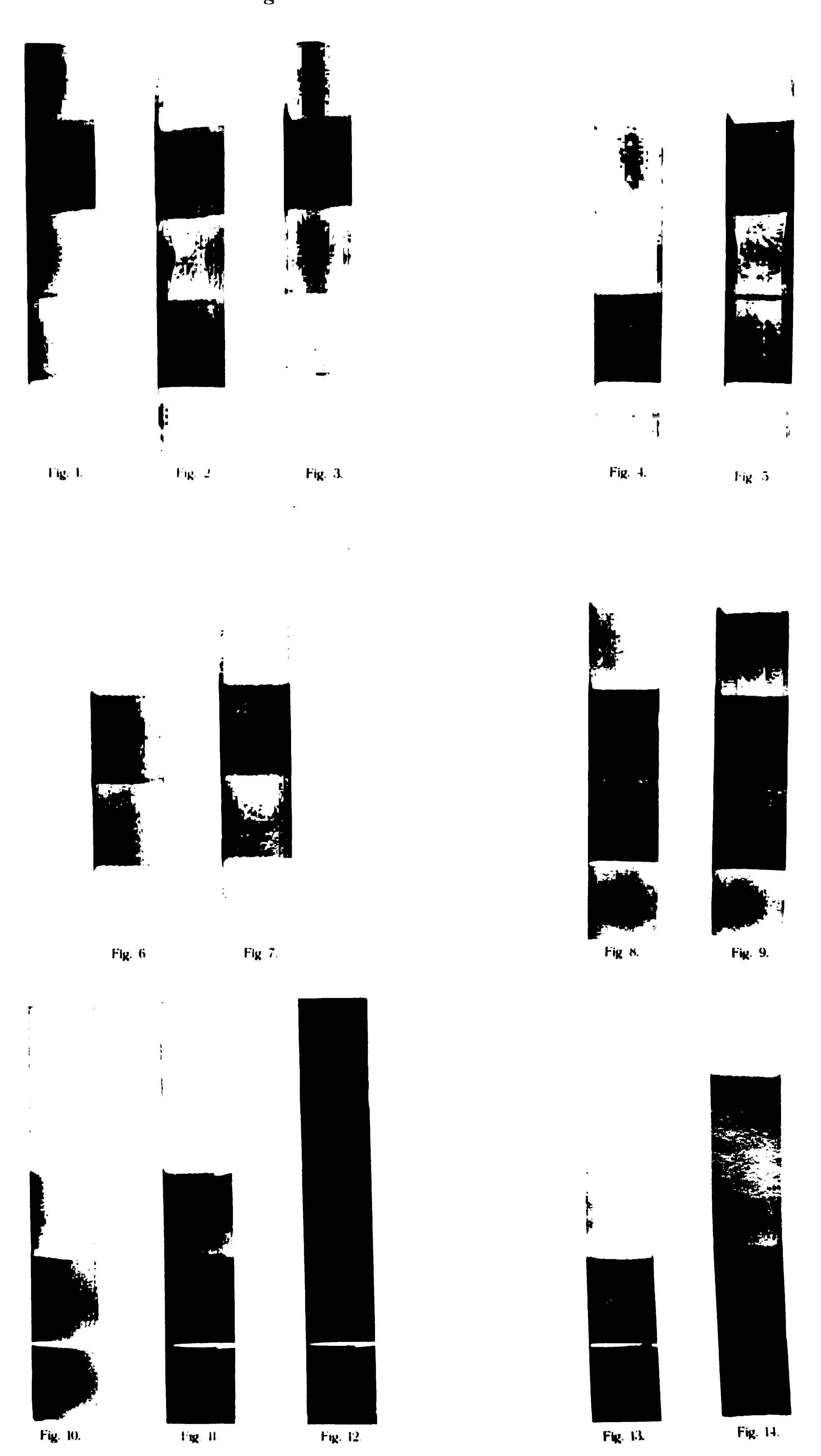


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4. Fig. 5.

Fig. 6. Fig. 7. Fig. 8. Fig. 9.

Fig. 10. Fig. 11. Fig. 12. Fig. 13. Fig. 14.

Neue Photographische Gesellschaft A.-G. Steglitz-Berlin. Verlag von Lucas Gräfe & Sillem in Hamburg.

Anweisung für die Verpackung von Platten.

Infolge mangelhafter Verpackung erhält die Redaktion die zur Reproduktion bestimmten Platten sehr häufig in zerbrochenem Zustande. Um die Autoren vor Schaden zu bewahren, empfehlen wir die Platten durch einen Sachverständigen (Glaser, Photograph) verpacken zu lassen. Sollte dieses nicht möglich sein, so verfährt man zweckmässig in folgender Weise. Die zum Postversand bestimmten Platten werden in Seidenpapier (nicht in Zeitungspapier) eingewickelt, in einen leeren Plattenkasten von gleichem Format verpackt. Für den Fall, dass sie den Kasten nicht vollständig ausfüllen, muss der übrig bleibende Raum mit Watte prall ausgefüllt werden. Der Plattenkasten wird alsdann mit Bindfaden verschnürt und nunmehr in einer Kiste sorgfältig mittelst Holzwolle verpackt. Der Plattenkasten kann auch in einer dicken Umhüllung von Holzwolle mittelst Packpapier umwickelt und verschnürt werden. Jedenfalls muss im letzteren Falle die Schicht der Holzwolle so dick genommen werden, dass etwaige Stösse nicht bis auf den Kasten durchzudringen vermögen.

Manuskripte sind an die Redaktion, Prof. Dr. Albers-Schönberg, Allgemeines Krankenhaus St. Georg, Hamburg 5, zur Reproduktion bestimmte Platten direkt an den Verlag zu richten. Druckschriften können auch auf dem Buchhändlerwege durch die Verlagsbuchhandlung Lucas Gräfe & Sillem in Hamburg übermittelt werden.

Für die Tafeln bitten wir der Verlagsbuchhandlung nur tadellos ausgeführte Abzüge zu senden oder, falls solche nicht vorhanden, die Original-Negative.

Unsere Herren Mitarbeiter erhalten 10 Separatabdrücke von den Tafeln und 25 Abzüge ihrer Arbeit gratis nach Drucklegung des Heftes.

Druck von Hesse & Becker in Leipzig.

